نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of Watershed Management

سال چهاردهم- شماره ۵۲- بهار ۱۴۰۵ Vol. 14, No. 52, Spring 2026

تأثیر اقدامات مکانیکی و بیولوژیک آبخیزداری بر تغییرات رطوبت خاک (مطالعه موردی: آبخیز آب‌ماهی)

رویا قهرمانی[1]، ابراهیم امیدوار[2*] و سیامک دخانی[3]

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش ۱۴۰۵/۰۳/۲۳
DOI:/ 10.22034/wmji.2026.2073495.1129

چکیده

در پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تأثیر اقدامات سازه‌ای و بیولوژیکی آبخیزداری انجام‌شده در حوزه آب‌ماهی بر رطوبت خاک در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار از عمق ۳۰ سانتی‌متری زمین، نمونه‌برداری انجام شد. تیمارها شامل: بند گابیونی، بند خشکه‌چین، بند سنگ و سیمانی، قرق، بادام‌کاری و نمونه شاهد بود. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به‌منظور مقایسه میانگین درصد رطوبت خاک در تیمارهای مختلف، با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. جهت مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن استفاده گردید. نتایج حاصل از آزمون دانکن نشان داد که در ارزیابی تأثیر اقدامات سازه‌ای بیش‌ترین میزان رطوبت مربوط به بند گابیونی به مقدار ۸/۹۴ درصد و کم‌ترین آن به مقدار شش درصد مربوط به نمونه شاهد است. نتایج حاصل از اقدامات بیولوژیک در حوضه آب‌ماهی نشان داد که مناطق بادام‌کاری شده به مقدار ۸/۷۵ درصد در حفظ رطوبت بیش‌ترین، سپس مناطق قرق شده و درنهایت مناطق قرق نشده به میزان ۸/۰۵ درصد کم‌ترین تأثیر را داشته است؛ بنابراین، با توجه به نتایج پژوهش، توصیه می‌شود در حوضه‌های با شرایط مشابه، به‌کارگیری هم‌زمان اقدامات سازه‌ای و بیولوژیکی مدنظر قرار گیرد تا ظرفیت حفظ رطوبت خاک به‌طور مؤثرتری تقویت شود.

۱- دانش‌آموخته دکتری گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران و نویسنده مسئول: Email: Ebrahimomidvar@kashanu.ac.ir
۳-استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.

کلید واژه: ***اقدامات سازه‌ای، بادام‌کاری، پوشش گیاهی، مدیریت منابع آب.***

مقدمه

رطوبت خاک یکی از عوامل کلیدی در چرخه هیدرولوژیک به شمار می‌آید که ارتباط مستقیمی با بارش، رواناب و منابع آب زیرزمینی دارد. این عامل به‌عنوان یک منبع طبیعی برای تأمین نیازهای پوشش گیاهی، نقشی حیاتی در حفظ سلامت بوم‌سازگان و پیشبرد توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایفا می‌کند [۲۲ و ۲٤]. رطوبت خاک به‌عنوان یکی از اجزای اساسی بوم‌سازگان، نقش قابل‌توجهی در فرآیندهای هیدرولوژیکی و اکولوژیکی ایفا می‌نماید [۳ و ۷]. کمبود رطوبت خاک، به دلیل تأثیر قابل‌توجه آن بر رشد و توسعه پوشش گیاهی، یکی از محدودیت‌های اساسی در فرآیند احیای پوشش گیاهی در بوم‌سازگان‌های خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود [٦ و ۲۰]. پوشش گیاهی از طریق تعامل با فرآیندهای هیدرولوژیکی، تأثیر قابل‌توجهی بر تعادل رطوبت خاک اعمال می‌کند [۷، ١٤ و ١٨]. بنابراین، درک جامع تغییرات مکانی-زمانی رطوبت خاک در مقیاس منطقه‌ای برای احیای بهینه پوشش گیاهی و مدیریت اکوهیدرولوژیکی در مناطق با منابع آبی محدود از اهمیت بالایی برخوردار است. ایران، به دلیل موقعیت جغرافیایی خود در عرض‌های ۳۰ تا ٤۰ درجه شمالی، با میزان بارندگی کم‌تری نسبت به بسیاری از مناطق جهان مواجه است. کمبود رطوبت ذخیره‌شده در خاک در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، همراه با محدودیت در نزولات جوی، از عوامل اصلی کاهش تولیدات گیاهی، تشدید فرسایش خاک و هدررفت آب ناشی از بارش به شمار می‌رود [۸]. این ویژگی طبیعی ایجاب می‌کند که از نزولات جوی کشور استفاده بهینه به عمل آید [۲]. روش‌های متعددی جهت جلوگیری از هدررفت آب وجود دارد. یکی از این روش‌ها اجرای اقدامات آبخیزداری است. از اصلی‌ترین اهداف اجرای یک طرح آبخیزداری جلوگیری از فرسایش خاک و هدررفت رسوبات، حفظ رطوبت خاک و درنتیجه آن ذخیره آب منطقه می‌باشد. نظر به اجرای طرح‌های آبخیزداری در بخش‌هایی از کشور، ارزیابی این اقدامات می‌تواند در سنجش کارایی و میزان دستیابی به اهداف مورد انتظار نقش مهمی داشته باشد. پژوهش‌های متعددی در رابطه با ارزیابی اقدامات آبخیزداری صورت گرفته است ازجمله: حسینی [۱۰] در پژوهشی با عنوان ارزیابی کارایی سطوح عایق در افزایش ضریب

رواناب و بهبود رطوبت خاک مشخص شد که عایق‌سازی سطوح سامانه‌ها، در مقایسه با استفاده از تیمارها، به ترتیب منجر به افزایش رطوبت به میزان ۳/۸ و ۲/۸ برابر شده است. ژانگ و همکاران [۲۰] در فلات چین اثر سدهای اصلاحی را بر میزان رطوبت خاک و تعرق تاج پوشش گیاهی موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در مناطق تراس‌بندی شده، سدهای اصلاحی در مقایسه با مناطق شیب‌دار منجر به افزایش رطوبت خاک به میزان ۲۵/٤ درصد در سال ۱۳۹۳ و ۱۳/۷ درصد در سال ۱۳۹۲ شده‌اند. هم‌چنین، میزان تعرق تاج پوشش گیاهی به ترتیب ۹/۱ درصد و ٤/۸ درصد افزایش‌یافته است. نوین‌پور و همکاران [۱۳] به تغییرات سطح آب زیرزمینی بر اثر احداث سد مخزنی در دشت ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد که احداث سد باعث کاهش سطح آب زیرزمینی شده است. قربانیان و همکاران [۹] به ارزیابی کارایی انواع مالچ در حفظ رطوبت خاک در نهال‌کاری مناطق خشک با کاشت سیاه‌تاغ در استان سمنان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای در چاله‌های کشت نهال موجب بهبود نفوذ رواناب‌های استحصال‌شده به خاک، افزایش رطوبت در ناحیه توسعه ریشه درخت و درنهایت تسریع در رشد و نمو نهال‌ها می‌شود. الوندی [۱] طی مطالعه‌ای با مدل‌سازی اثرات اقدامات مدیریتی آبخیزداری به این نتیجه رسید که در اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی، فعالیت درخت‌کاری بالاترین امتیاز و در صدر اولویت‌ها قرارگرفته است، درحالی‌که فعالیت کنتورفارو کم‌ترین امتیاز را دریافت و در پایین‌ترین سطح اولویت جای گرفته است. شاهرخی و همکاران [۱٦] کارایی خاک‌پوش‌های سنگی و گیاهی را در ذخیره رطوبت خاک در کمربند سبز جنوب مشهد موردبررسی و نشان داد که تیمار مالچ سنگی در اکثر گونه‌ها، با تفاوت معنی‌دار ۹۹ درصد، رشد بهتری را نسبت به سایر تیمارها داشته است. هم‌چنین، ازنظر نگهداشت رطوبت، خاک‌پوش سنگی عملکرد بهتری نسبت به خاک‌پوش گیاهی داشت. نکویی‌مهر [۱۱] در پژوهشی به بررسی تأثیر فیلترهای سنگریزه‌ای در بهینه‌سازی ذخیره رطوبت خاک در شرایط کشت دیم پرداخت. یافته‌ها نشان داد که استفاده از فیلترهای سنگریزه‌ای در چاله‌های کشت نهال، منجر به بهبود نفوذ رواناب‌های استحصال‌شده به خاک، افزایش رطوبت در ناحیه ریشه و درنتیجه، ارتقای رشد و نمو گیاه شد. باوجود مطالعات متعدد در زمینه اثرات اقدامات آبخیزداری بر فرسایش، رسوب، رواناب و پایداری پوشش گیاهی، تعداد پژوهش‌هایی که به‌طور مستقیم و کمی اثر اقدامات سازه‌ای و بیولوژیکی را بر رطوبت خاک اندازه‌گیری و مقایسه کنند، محدود است. بخش عمده تحقیقات پیشین بر مدل‌سازی، ارزیابی کیفی یا بررسی اثر یک نوع اقدام خاص تمرکز داشته‌اند و کم‌تر پژوهشی مجموعه‌ای از اقدامات سازه‌ای و بیولوژیک را به‌صورت هم‌زمان و در قالب یک طراحی آماری معتبر مقایسه کرده است. علاوه بر آن، کمبود داده‌های میدانی دقیق از زیرحوضه‌های کوچک باعث شده است که نقش واقعی عملیات آبخیزداری بر تغییرات رطوبت خاک به‌طور کامل روشن نشود؛ بنابراین با توجه به اهمیت رطوبت خاک و نقش آن در بوم‌سازگان، پژوهش حاضر باهدف ارزیابی تأثیر اقدامات سازه‌ای و بیولوژیکی آبخیزداری بر رطوبت خاک در حوزه آبخیز آب‌ماهی صورت گرفت.

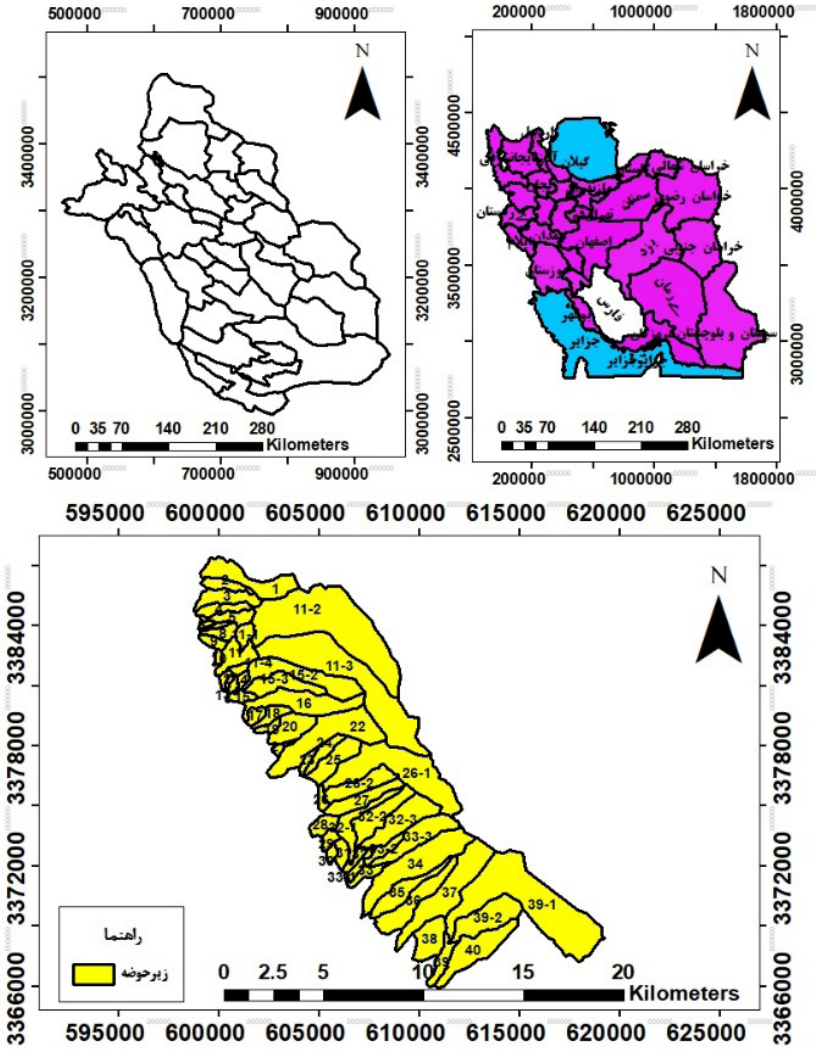
مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

حوزه آبخیز آب‌ماهی به‌عنوان یکی از زیرآبخیزهای حوضه سد درودزن در استان فارس، با مساحت ۱۵۸/۷ کیلومترمربع در فاصله ۸۲ کیلومتری شمال‌غربی شیراز و در محدوده جغرافیائی ۵۲ درجه و ۱ دقیقه و ٤٦ ثانیه تا ۵۲ درجه و ١٤ دقیقه و ۳۱ ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲ ثانیه و ۳۰ درجه و ۳٦ دقیقه و ۵۷ ثانیه عرض شمالی واقع‌شده است. این حوزه آبخیز بر اساس مطالعات انجام‌شده به تعداد ٤۰ زیرحوضه اصلی و ۱۷ زیرحوضه فرعی تقسیم‌شده است. سیلاب این حوضه از زیرحوضه‌های ٤۰ گانه منشأ گرفته و به رودخانه کر تخلیه می‌گردد (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع در این منطقه به ترتیب ۳۰۷۰ و ۱۷٦۹ متر از سطح دریا است. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار میانگین بارندگی سالانه در حوزه آبخیز آب‌ماهی به ترتیب ۱۰٦۵ و ٦۵۲ میلی‌متر بوده و حداکثر بارندگی روزانه نیز ۷۹ میلی‌متر بوده است. در ضمن بخشی از بارندگی حوضه برف هست که ضریب برف‌گیری سالانه ۰/١٤ محاسبه‌شده است. با توجه به وضعیت اقلیم و رطوبت خاک‌ها در محدوده اراضی حوضه موردمطالعه، خاک‌ها دارای رژیم رطوبتی زریک (Xeric) و رژیم حرارتی مزیک (Mesic) می‌باشد. بررسی چینه‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که این حوضه در پهنه چین‌خورده زاگرس قرارگرفته و سازندهای زمین‌شناسی آن از قدیم به جدید از سازندهای آهکی سروک، پابده –گورپی و کنگلومرای کواترنری، رسوبات آبرفتی Q_1 تا Q_3 تشکیل‌شده است. ویژگی‌های ساختاری موجود در حوضه شامل چین‌خوردگی، گسله و درزه می‌باشد. چین‌خوردگی موجود در حوضه تنها تاقدیس گر بوده و گسله‌های موجود در آن تحت تأثیر گسل اردکان قرارگرفته است. شکل‌های مختلف فرسایش در حوزه آبخیز آب‌ماهی عبارت‌اند از؛ فرسایش سطحی، فرسایش شیاری، فرسایش خندقی و فرسایش آبراهه‌ای است. فرسایش سطحی در تمام سطح حوضه مشاهده می‌شود، فرسایش شیاری در سازند مارنی پابده گورپی و اراضی کشاورزی حوضه یافت شده، فرسایش خندقی در سازندهای پابده گورپی و رسوبات عهد حاضر و فرسایش آبراهه‌ای در مناطق بالادست که شیب زیاد بوده و بیشتر در سازند پابده و گورپی مشاهده می‌گردد [۲۵].

اقدامات آبخیزداری انجام‌شده

بنا به مدارک موجود در اداره کل منابع طبیعی استان فارس عملیات بیولوژیک اجراشده در آبخیز آب‌ماهی شامل مساحت ۲۳۲ هکتار تحت کاشت گیاهان دارویی، کپه‌کاری، بذرکاری (بادام‌کاری)



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز آب‌ماهی در ایران و استان فارس

و نهال‌کاری و هم‌چنین مساحت ۱۰۳۵ هکتار تحت برنامه‌های غنی‌سازی جنگل، حفاظت و نگهداری جنگل‌ها و حفاظت و مدیریت چرا بوده است. هم‌چنین عملیات سازه‌ای در این آبخیز نیز تعداد ۱۲۸ بند اصلاحی شامل ٦٨ عدد بند خشکه‌چین، ٤٠ عدد سنگ و سیمانی و ۲۰ عدد گابیونی بوده است.

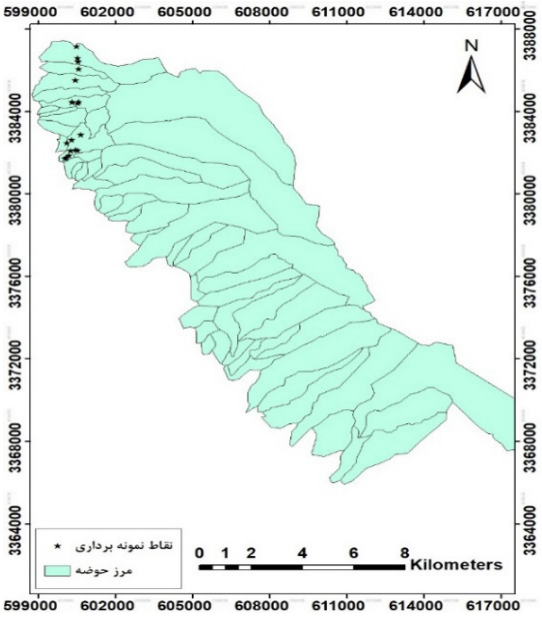
روش پژوهش

اندازه‌گیری درصد رطوبت و بافت خاک

در پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی تأثیر اقدامات سازه‌ای و بیولوژیکی آبخیزداری بر رطوبت خاک، نمونه‌برداری در اواخر اردیبهشت‌ماه سال ۱٤۰۳ که فصل رشد گیاهان بوده و نیاز به رطوبت در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری بیش‌تر است، انجام شد. در این پژوهش، نمونه‌برداری بر اساس اقدامات آبخیزداریِ اجراشده در حوضه آب‌ماهی انجام شد. برای اقدامات سازه‌ای، سه نوع سازه اصلاحی شامل بند گابیونی، بند خشکه‌چین و بند سنگ‌وسیمانی که در مسیر آبراهه‌ها به‌طور گسترده در حوضه اجراشده بودند، به‌عنوان تیمارهای مکانیکی انتخاب شدند. برای اقدامات بیولوژیکی نیز محدوده‌های قرق، عرصه‌های بادام‌کاری و مناطق بدون عملیات (شاهد) که بیان‌گر مهم‌ترین مداخلات بیولوژیک اجراشده در حوضه هستند، موردبررسی قرار گرفتند. نمونه‌برداری درمجموع برای هفت تیمار ذکرشده و با سه تکرار در فواصل یک، ۱۰ و ۱۵ متری از سازه‌ها و هم‌چنین از سه‌نقطه متفاوت در هر اقدام بیولوژیک انجام شد. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در شکل (۲) نشان داده‌شده است. در این مطالعه، تعداد ٦۳ نمونه طی یک روز برداشت شد. به‌منظور حذف تأثیر بارندگی بر میزان رطوبت خاک، نمونه‌برداری در شرایطی انجام شد که از ١٤ روز پیش از آن هیچ بارندگی در منطقه رخ نداده بود. از هر نمونه به‌اندازه ۲۰۰ گرم را در ظرفی در کوره حرارتی گذاشته و بعد از ٢٤ ساعت مجدداً وزن نمونه‌ها اندازه‌گیری و درنهایت میزان رطوبت وزنی خاک محاسبه شد.

هم‌چنین به‌منظور تعیین تأثیر بافت خاک بر میزان رطوبت خاک نمونه‌ها نیز از روش هیدرومتری مطابق با استاندارد ASTM استفاده شد. در این راستا، ابتدا مقدار رس، سیلت و شن اندازه‌گیری و سپس

نوع بافت خاک از طریق نرم‌افزار Texture Auto look up (TAL) تعیین شد (جدول ۱).



شکل ۲: موقعیت نقاط نمونه‌برداری خاک در حوضه

تجزیه‌وتحلیل نمونه‌ها

نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. با توجه به میزان معنی‌داری به‌دست‌آمده از این آزمون (sig= ۰/۱۱ برای اقدامات بیولوژیک و sig.= ۰/۲۰ برای اقدامات مکانیکی)، مشخص شد که داده‌های رطوبت وزنی نمونه‌ها، دارای توزیع نرمال هستند. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به‌منظور مقایسه میانگین درصد رطوبت خاک در تیمارهای مختلف اقدامات آبخیزداری و هم‌چنین فواصل یک، ۱۰ و ۱۵ متری از سازه، با استفاده از آزمون تجزیه واریانس و روش دانکن در محیط نرم‌افزار SPSS.26 انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی اثر اجرای اقدامات سازه‌ای آبخیزداری بر میزان رطوبت خاک

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، نوع سازه در مسیر آبراهه به مقدار ۰/۰۲ بر میزان رطوبت اثر معنی‌دار داشت درحالی‌که میزان فاصله از بند و نیز اثر متقابل بند و فاصله بر میزان رطوبت اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲).

جدول ۱: مشخصات خاک‌های مورد آزمایش

نوع اقدامات آبخیزداری	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک	میانگین درصد رطوبت وزنی
سنگ و ملاتی ۱	٤٢	٤٠	١٨	رسی	٨/٥٦
سنگ و ملاتی ۲	٥٤	٣٤	١٢	رسی	٧/٢٧
سنگ و ملاتی ۳	٢٨	٢٦	٤٦	لومی- رسی- شنی	٨/٨١
گابیونی ۱	٥٤	٤٤	٢	رسی- سیلتی	٩/٦٨
گابیونی ۲	٥٨	٣٦	٦	رسی	٧/٦٥
گابیونی ۳	٤٤	٣٨	١٨	رسی	٧/٥٩
خشکه‌چین ۱	٣٢	٣٨	٣٠	لومی- رسی	٥/٤٩
خشکه‌چین ۲	٢٤	٣٢	٤٤	لومی	٦/٣٥
خشکه‌چین ۳	٣٨	٤٦	١٦	لومی- رسی- سیلتی	٨/٥٨
قرق ۱	٣٦	٣٢	٣٢	لومی- رسی	٨/٧٤
قرق ۲	٤٢	٤٠	١٨	رسی	٨/١٩
قرق ۳	٤٨	٣٨	١٤	رسی	٨/٧٤
قرق نشده ۱	٥٢	٤٠	٨	رسی	٦/٧٨
قرق نشده ۲	٥٢	٣٨	١٠	رسی	٧/٩٥
قرق نشده ۳	٤٤	٤٠	١٦	رسی	٩/٤١
بادام‌کاری ۱	٥٠	٤٤	٦	رسی- سیلتی	٧/٩٢
بادام‌کاری ۲	٤٢	٤٦	١٢	رسی- سیلتی	٩/١٩
بادام‌کاری ۳	٤٢	٣٦	٢٢	رسی	٩/١٤
آبراهه شاهد ۱	٢٨	٣٤	٣٨	لومی- رسی	٦/٥٣
آبراهه شاهد ۲	٢٨	٣٤	٣٨	لومی- رسی	٦/٢٤
آبراهه شاهد ۳	٣٨	٣٢	٣٠	لومی- رسی	٥/٢٤

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس آزمون ANOVA برای تیمارهای نوع سازه و فاصله از سازه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	سطح معنی‌داری
نوع سازه	۳	۱۶*/۰۱	۰/۰۲
فاصله	۲	۰ns/۷۶	۰۸۲/
اثر متقابل	۶	۳ns/۴۸	۰/۵۳
خطا	۲۴	۴/۰۳	

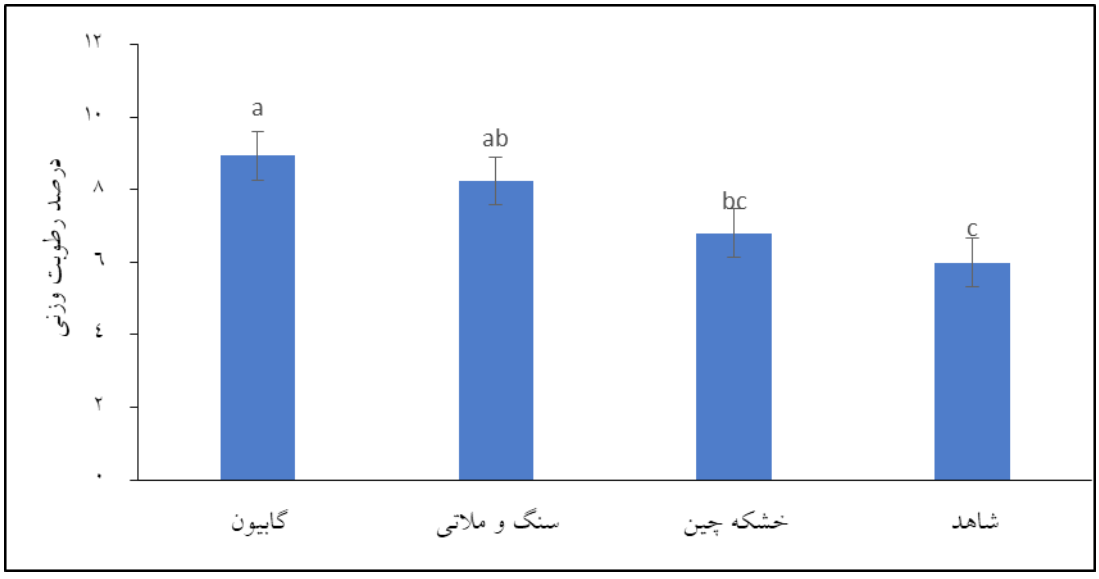
** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ns عدم معنی‌داری می‌باشد.

نتایج حاصل از آزمون دانکن نشان داد که در حوضه آب‌ماهی بیش‌ترین میزان رطوبت مربوط به بند گابیونی به مقدار ۸/۹۴ درصد و کم‌ترین آن به مقدار شش درصد مربوط به نمونه شاهد است (شکل ۳). نتایج نشان می‌دهد که سازه‌های آبخیزداری، به‌ویژه بندهای گابیونی، می‌توانند با کاهش سرعت جریان آب و افزایش فرصت برای نفوذ آن به خاک، رطوبت خاک را به‌طور چشمگیری افزایش دهند. سازه‌های گابیونی با ایجاد موانع عرضی در مسیر جریان، باعث تجمع آب و رسوبات در بالادست خود شده و شرایط مناسب‌تری را برای نفوذ آب به داخل خاک فراهم می‌کنند. بندهای گابیونی با ایجاد تأخیر در جریان سطحی و افزایش زمان نفوذ آب، بیش‌ترین میزان رطوبت را در مقایسه با سایر سازه‌ها و نمونه شاهد به خود اختصاص دادند. نتایج پژوهش نشان داد که سازه‌های گابیونی عملکرد بهتری نسبت به سایر سازه‌های آبخیزداری در افزایش و پایداری رطوبت خاک دارند؛ که این ناشی از چندین مکانیسم علّی و فرآیندی است. نخست آن‌که ساختار مشبک این سازه‌ها باعث کاهش مؤثر سرعت جریان و استهلاک انرژی رواناب می‌شود؛ فرآیندی که در سازه‌های نفوذناپذیر به‌صورت محدود رخ می‌دهد. هم‌چنین، ماهیت متخلخل گابیون موجب رسوب‌گذاری تدریجی ذرات ریز در پشت سازه و تشکیل لایه‌ای از خاک غنی از رطوبت می‌شود که ظرفیت نگهداشت آب را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. این رسوب‌گذاری تدریجی باعث پایداری بیش‌تر رطوبت در بازه‌های زمانی بلندمدت و گسترش افقی و عمقی رطوبت در پروفیل خاک می‌شود. برخلاف سازه‌هایی که آب را در نقطه‌ای متمرکز می‌کنند و باعث اشباع موضعی می‌شوند، گابیون توزیع افقی رطوبت را در خاک بهبود می‌بخشد و شرایط هیدرولوژیکی مطلوب‌تری ایجاد می‌کند. بافت‌های رسی به دلیل ظرفیت نگهداشت بالاتر، رطوبت بیش‌تری نشان می‌دهند، اما دامنه تغییرات بافتی در محدوده تیمارها محدود بوده و اثر اقدامات آبخیزداری، به‌ویژه سازه گابیونی، به‌مراتب مؤثرتر از اثر بافت بوده است.

این نتیجه‌گیری با یافته‌های نوحه‌گر و همکاران [۱۲] که به بررسی تأثیر اجرای اقدامات آبخیزداری جهت مدیریت آب‌های زیرزمینی حوضه ایسین در هرمزگان پرداختند و به نتایج مشابهی دست یافتند، مطابقت دارد. هم‌چنین با نتایج مطالعه ایکسو و همکاران [۱۹] که در فلات چین به بررسی اثر سدهای اصلاحی بر میزان رطوبت خاک و تعرق از تاج پوشش گیاهی پرداختند و دریافتند که در منطقه تراس‌بندی شده، سدهای اصلاحی باعث افزایش رطوبت خاک به میزان ۲۵/۴ درصد در سال ۲۰۱۵ و ۱۳/۷ درصد در سال ۲۰۱۴ نسبت به منطقه شیب‌دار شده است. هم‌چنین میزان تعرق تاج پوشش ۹/۱ و ۴/۸ درصد افزایش داشته است همسو می‌باشد.

بررسی اثر اجرای اقدامات بیولوژیک آبخیزداری بر میزان رطوبت خاک

در بررسی مناطق قرق شده، قرق نشده و بادام کاری، نتایج حاصل از تجزیه واریانس ANOVA اختلاف معنی‌دار به مقدار ۰/۰۰۱ در بین تیمارها را نشان داد (جدول ۳).



شکل ۳: مقایسه میانگین درصد رطوبت وزنی سازه‌ها در حوضه آب‌ماهی

جدول ۳: نتایج حاصل از تجزیه واریانس ANOVA برای تیمارهای نوع اقدامات بیولوژیک

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	سطح معنی‌داری
تیمارها	۸	۱۰/۲٤**	۰/۰۰۱
خطا	۱۸	۱/۷٤	

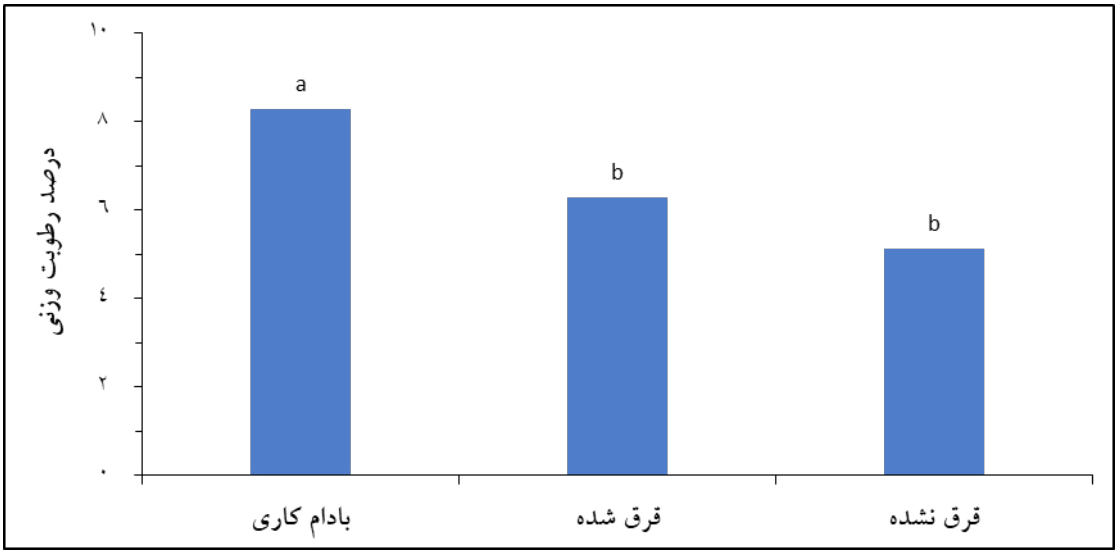
** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ns عدم معنی‌داری می‌باشد.

نتایج حاصل از اقدامات بیولوژیک در حوضه آب‌ماهی نشان داد که مناطق بادام‌کاری شده به مقدار ۸/۲۹ درصد در حفظ رطوبت بیش‌ترین، سپس مناطق قرق شده و درنهایت مناطق قرق نشده به میزان ۵/۱۳ درصد کم‌ترین تأثیر را داشته است (شکل ٤). این افزایش رطوبت می‌تواند ناشی از عوامل متعددی ازجمله افزایش نفوذ آب به دلیل وجود ریشه‌های درختان، کاهش تبخیر سطحی به‌واسطه سایه‌اندازی و بهبود ساختمان خاک به دلیل افزایش مواد آلی باشد. مقایسه بادام‌کاری با قرق نشان داد که اگرچه قرق نیز در افزایش رطوبت مؤثر است، اما تأثیر بادام‌کاری به‌مراتب بیش‌تر است. این موضوع می‌تواند به دلیل نقش فعال درختان بادام در بهبود شرایط خاک و میکروکلیما باشد. این نتایج نشان می‌دهد که اقدامات بیولوژیکی، به‌ویژه بادام‌کاری، می‌توانند با افزایش پوشش گیاهی، بهبود ساختار خاک و افزایش نفوذ آب، رطوبت خاک را افزایش دهند. این نتیجه‌گیری با نتایج الوندی [۱] مطابقت دارد. ایشان در تحقیق خود به مدل‌سازی اثرات اقدامات مدیریتی به‌منظور بهبود وضعیت آب‌وخاک حوزه آبریز تویسرکان پرداخت. ژانگ و همکاران [۲۳] نیز طی تحقیق خود در چین به این نتیجه رسیدند که مناطق احیاشده در دو حالت پوشش گیاهی طبیعی و دست کاشت نسبت به اراضی، بایر شرایط رطوبتی خاک را به میزان قابل‌توجهی بهبود بخشیده و تولید رواناب را کاهش داده‌اند. نتایج نشان داد که درخت‌کاری نسبت به سایر اقدامات مدیریتی بیش‌ترین تأثیر را در بهبود وضعیت آب‌وخاک دارد.

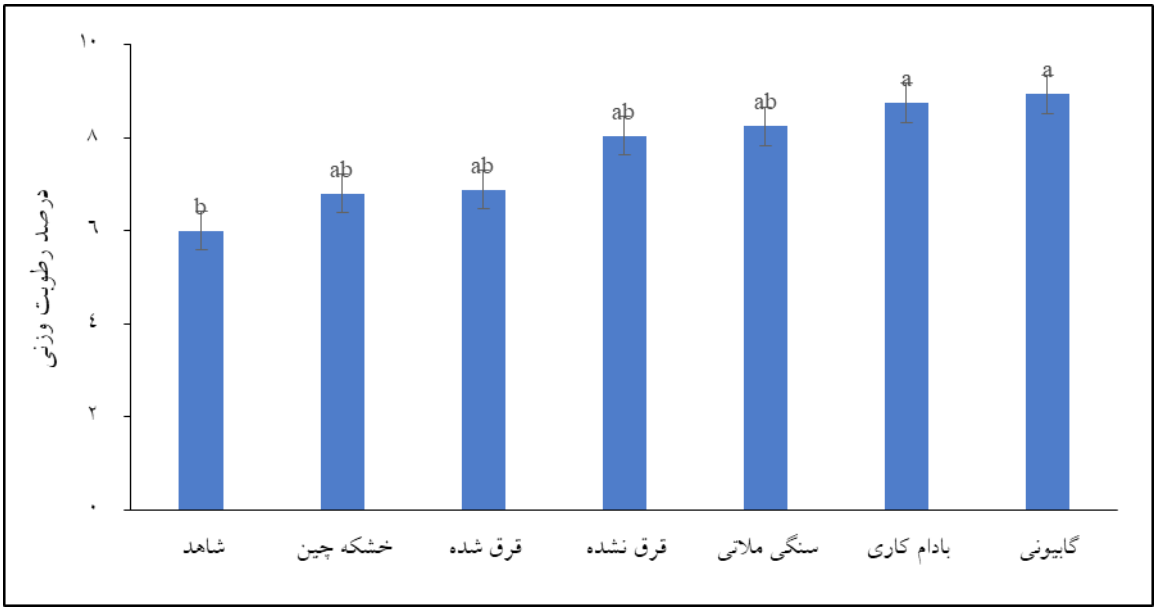
بررسی اثر اجرای اقدامات بیولوژیک و سازه‌ای آبخیزداری بر میزان رطوبت خاک

نتایج حاصل از آزمون دانکن نتایج نشان داد که میزان رطوبت در منطقه‌ای که بند گابیونی و بادام کاری انجام‌شده، بیش‌ترین میزان بوده و این میزان تنها با منطقه شاهد اختلاف معنی‌دار دارد (شکل ۵). این یافته حاکی از هم‌افزایی مثبت بین این دو نوع است. به‌عبارت‌دیگر، سازه‌های مکانیکی شرایط مناسب‌تری را برای رشد و استقرار گیاهان فراهم می‌کنند و در مقابل، پوشش گیاهی نیز با بهبود شرایط خاک، عملکرد سازه‌ها را بهبود می‌بخشد. دامیت و همکاران [٤] نیز با مقایسه داده‌های صحرایی و ماهواره‌ای دو حوزه آبخیز مجاور بدون تیمار و تحت اقدامات حفاظت آب‌وخاک شامل سازه‌های کنترل‌کننده خندق، هلالی‌های سنگی، کاشت نهال و بذرپاشی گیاهان علفی در کشور اتیوپی به این نتیجه دست یافتند که میزان رطوبت خاک در حوزه آبخیز تحت تیمار افزایش معنی‌داری داشته است. هم‌چنین طی پژوهشی دیگر در همین کشور، تای و همکاران [۱۷] نیز با استفاده از داده‌های برداشت‌شده از تعداد ۲۱ پلات بزرگ (٦۰۰-۱۰۰۰ متر مربع) بیان نمودند که رطوبت خاک سطحی در مناطق تحت اجرای سازه‌های حفاظت آب‌وخاک افزایش معنی‌داری نسبت به تیمارهای شاهد داشته‌اند.

نتایج تحلیل واریانس نشان داد که بافت خاک در محدوده نمونه‌برداری اثر معنی‌داری بر میزان رطوبت نداشت. به نظر می‌رسد شباهت نسبی دامنه بافتی نمونه‌ها و هم‌چنین غلبه اثر اقدامات آبخیزداری، اعم از سازه‌ای و بیولوژیک بر فرآیندهای کنترل‌کننده رطوبت خاک، سبب شده است که تغییرات رطوبت بیش‌تر تحت تأثیر نوع اقدام آبخیزداری قرار گیرد تا تفاوت‌های بافتی (جدول ٤).



شکل ٤: مقایسه میانگین درصد رطوبت وزنی اقدامات بیولوژیک در حوضه آب‌ماهی



شکل ۵: مقایسه میانگین درصد رطوبت وزنی اقدامات بیولوژیک و سازه‌ای آبخیزداری در حوضه آب‌ماهی

جدول ٤: تجزیه واریانس آزمون ANOVA بر میزان رطوبت در بافت‌های مختلف خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	سطح معنی‌داری
بافت	٤	٣/٦٦	٠/٥١
خطا	١٦	١/١٧	–

نتیجه‌گیری

از اصلی‌ترین اهداف اجرای یک طرح آبخیزداری جلوگیری از فرسایش خاک، هدررفت رسوبات و درنتیجه آن ذخیره آب منطقه می‌باشد. پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تأثیر اقدامات سازه‌ای و بیولوژیکی آبخیزداری در حوزه آب‌ماهی بر رطوبت خاک انجام شد. در بررسی تأثیر اقدامات سازه‌ای، نتایج حاصل از آزمون دانکن نشان داد که در حوزه آب‌ماهی بر اثر اقدامات سازه‌ای، بیش‌ترین میزان رطوبت مربوط به بند گابیونی و کم‌ترین آن مربوط به نمونه شاهد بود و هم‌چنین در بررسی تأثیر اقدامات بیولوژیکی میزان رطوبت در مناطقی که بادام کاری انجام‌شده، بیش‌تر بوده و اختلاف آن با نواحی قرق شده و قرق نشده معنی‌دار بود. این پژوهش نشان داد که اقدامات آبخیزداری، به‌ویژه ترکیب روش‌های سازه‌ای و بیولوژیکی، ابزاری مؤثر در بهبود وضعیت رطوبت خاک و درنتیجه، مدیریت پایدار منابع آب‌وخاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند؛ بنابراین، انجام مطالعات بیش‌تر با در نظر گرفتن عوامل محیطی مختلف و در مقیاس‌های بزرگ‌تر، می‌تواند به درک بهتر این فرآیندها و بهبود روش‌های مدیریت منابع طبیعی کمک کند. این یافته‌ها بر اهمیت مدیریت تلفیقی منابع طبیعی و آبخیزداری و استفاده از رویکردهای چندگانه برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار تأکید می‌کنند. نتایج یافته‌های حاصل از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در اجرای پروژه‌ها مورداستفاده قرار گیرد. با توجه به نتایج این پژوهش که نشان داد بندهای گابیونی (در میان اقدامات سازه‌ای) و بادام‌کاری (در میان اقدامات بیولوژیک) بیش‌ترین تأثیر را در افزایش رطوبت خاک در حوضه آب‌ماهی داشته‌اند، پیشنهاد می‌شود بررسی و ارزیابی این اقدامات در زیرحوضه‌های مشابه نیز انجام شود. انجام مطالعات تکمیلی در سایر مناطق می‌تواند در بهبود برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای مدیریت تلفیقی آب‌وخاک مؤثر باشد. هم‌چنین با توجه به هم‌افزایی مثبت میان اقدامات سازه‌ای و بیولوژیک، توسعه رویکردهای تلفیقی در برنامه‌های آبخیزداری می‌تواند نقش مؤثری در بهبود نفوذپذیری خاک و مدیریت رطوبت داشته باشد. ازآنجاکه نتایج این تحقیق تنها به یک حوضه خاص محدود بوده است، اجرای مطالعات مشابه در حوضه‌های دیگر با ویژگی‌های اقلیمی و خاکی متفاوت ضروری به نظر می‌رسد. افزون بر این، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده ارزیابی اقتصادی و زیست‌محیطی اقدامات آبخیزداری را نیز در کنار تحلیل‌های هیدرولوژیک انجام دهند تا امکان تصمیم‌گیری دقیق‌تر و اولویت‌بندی بهینه طرح‌ها برای مدیران و برنامه‌ریزان فراهم گردد.

سپاسگزاری

از مساعدت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس به‌خصوص در تأمین داده و وسیله نقلیه جهت بازدیدهای میدانی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Alvandi, E. 2022. Modelling the effects of management measures to improve the condition of water and soil resources in the Tuiserkan watershed in the mDSS software environment. Hydrogeomorphology, 9(30): 139-159 (In

11(1): 1 - 16 (In Persian).

12. Nohegar, A., F. SHirgahi and T. Afshar. 2013. Feasibility of the impact of watershed management on improving the condition of groundwater resources (case study: Isin Basin, Hormozgan Province). Geography, 10(35): 211-228 (In Persian).

13. Novinpour Esfandiar, A., M. MohammadHosseinzadeh and Rezaei, H. 2018. The effect of dam construction on groundwater level fluctuations (case study of Shahrchai Dam, Urmia Plain, Iran). Water and Soil Conservation Research (Agricultural Sciences and Natural Resources), 26(4): 75-93 (In Persian).

14. Porporato, A., D'Odorico, P., Laio, F., Ridolfi, L., and Rodriguez-Iturbe, I. 2002. Ecohydrology of water-controlled ecosystems. Water Resource, 25, 1335–1348.

15. Rey, F. 2004. The role of passive protection played by vegetation and Bioengineering works: an efficient and optimal mean for soil conservation, 13th International Soil Conservation Organization Conference – Brisbane.

16. Shahrokhi, M., Dastorani, M.T., Farzam, M., and Khaghani, S. 2023. Investigating the effectiveness of stone and plant mulch on soil moisture storage in tree holes in the green belt of southern Mashhad. Journal of Rainwater Catchment Systems, 11 (4): 4, (In Persian).

17. Taye, G., Tesfaye, S., Van Parijs, I., Poesen, J., Vanmaercke, M., van Wesemael, B., Guyassaa, E., Nyssen, J., Deckers, J., and Haregeweyn, N. 2024. Impact of soil and water conservation structures on the spatial variability of topsoil moisture content and crop productivity in semi-arid Ethiopia. Soil and Tillage Research, 238, p.105998.

18. Wang, X.M., Zhang, C.X., Hasi, E., and Dong, Z.B. 2010. Has the Three Norths Forest Shelterbelt Program solved the desertification and dust storm problems in arid and semiarid China. Journal of Arid Environments, 74(1): 13-22.

19. Xu, Y.D., Fu, J., and He, C. S. 2013. Assessing the hydrological effect of the check dams in the Loess Plateau, China, by model simulations. Hydrology and Earth System Sciences, 17(6): 2185-93.

20. Zhang, H., Wei, W., Chen, L., and Wang, L. 2017. Effects of terracing on soil water and canopy transpiration of Pinus tabulaeformis in the Loess Plateau of China. Ecological Engineering, 102: 557-564.

Persian).

2. Alamdari, N. 2018. Assessing climate change impacts on the reliability of rainwater harvesting systems. Resources Conservation and Recycling, 132: 178 -189 (In Persian).

3. Choi, M., and Jacobs, J.M. 2007. Soil moisture variability of root zone profiles within SMEX02 remote sensing footprints. Adv. Water Resource, 30 (4): 883–896.

4. Damtie, B.B., Mengistu, D.A., Waktola, D.K., and Meshesha, D.T., 2022. Impacts of soil and water conservation practice on soil moisture in Debre Mewi and Sholit Watersheds, Abbay Basin, Ethiopia. Agriculture, 12(3): p.417.

5. Gao, X.D., P.T. Wu, X.N. Zhao, J.W. Wang, Y.G. Shi. 2014. Effects of land use on soil moisture variations in a semi-arid catchment: implications for land and agricultural water management. Land Degradation & Development, 25: 163–172.

6. Gao, X.D., P.T. Wu, X.N. Zhao, J.W. Wang, Y.G. Shi, B.Q. Zhang, L. Tian and H.B. Li. 2013. Estimation of spatial soil moisture averages in a large gully of the Loess Plateau of China through statistical and modeling solutions. Journal of Hydrology, 486: 466–478.

7. Gao, L. M.A. Shao. 2012. Temporal stability of soil water storage in diverse soil layers. Catena, 95, 24–32.

8. Ghaderi, N., M. Roghani, Mohammadi, A., and Habibi, N. 2006. Optimizing the performance of rainwater catchment systems by increasing the retention of moisture in the soil profile, final report of the research project, Soil Conservation and Watershed Research Institute, Tehran, 105 p (In Persian).

9. Ghorbanian, D., A. Eftekhari, E. Zandi Esfahan, N. Hasani, and Arasto, B. 2022. Study of different types of mulch efficiency on soil retain moisture in planting seedlings in arid areas by black saxaul (Haloxylon ammodendron) in Semnan province. Journal of Renewable Natural Resources Research, 13(1): 25-38 (In Persian).

10. Hosseini, M. 2015. Evaluation of isolated micro catchment for increasing runoff coefficient and soil moisture. Journal of Watershed Engineering and Management, 7(3): 286-296 (in Persian).

11. Nekooeimehr, M. 2023. Investigating the effect of gravelly filters in rainwater harvesting systems to optimize infiltration and increase soil moisture storage in rainfed gardens. Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems,

21. Zhang, Q., Wei, W., Chen, L., Yang, L., Luo, Y., and Cai, A. 2020. Plant traits in influencing soil moisture in semiarid grasslands of the Loess Plateau, China. Science of the total environment, 718, 137355.

22. Zhao, M., Wang, W., Ma, Z., Wang, Q., Wang, Z., Chen, L., and Fu, B. 2021. Soil water dynamics based on a contrastive experiment between vegetated and non-vegetated sites in a semiarid region in Northwest China. Journal of Hydrology, 603: 126880.

23. Zhang, J., Zhou, L., Ma, R., Jia, Y., Yang, F., Zhou, H., and Cao, X., 2019. Influence of soil moisture content and soil and water conservation measures on time to runoff initiation under different rainfall intensities. Catena, 182: 104172.

24. Zhao, X.N., Wu, P.T., Gao, X.D., Tian, L., and Li, H.C. 2014. Changes of soil hydraulic properties under early-stage natural vegetation recovering on the Loess Plateau of China. Catena, 113: 386–391.

25. General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province. (2002). Comprehensive Studies of the Chikan and Morzian Watershed: Volume VI, Vegetation Studies, 85 pp.

نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری

Extension and Development of Watershed Management

Vol. 14, No. 52, Spring 2026

سال چهاردهم- شماره ۵۲- بهار ۱۴۰۵

Abstract

The Effect of Mechanical and Biological Watershed Management Measures on Soil Moisture (Case Study: Abmahi Watershed)

R. Ghahremni[1] , E. Omidvar[2] * and S. Dokhani[3]

Received: 2025/10/04 Accepted: 2026/06/13

In the present study, in order to evaluate the effect of mechanical and biological watershed management measures implemented in the Ab-Mahi watershed on soil moisture, sampling was carried out at a depth of 30 cm using a randomized complete block design with seven treatments and three replications. The treatments included: gabion check dam, dry-stone check dam, cement–stone check dam, enclosure, almond planting, and the control sample. Data analysis was performed to compare the mean percentage of soil moisture in the different treatments using SPSS software. Duncan's test was used to compare the treatment means. The results obtained from Duncan's test showed that in assessing the effect of mechanical measures, the highest soil moisture belonged to the gabion check dam with 8.94 percent, and the lowest belonged to the control sample with 6 percent. The results obtained from the biological measures in the Ab-Mahi watershed showed that almond-planted areas, with 8.75 percent, had the highest soil moisture retention, followed by enclosed areas, and finally non-enclosed areas with 8.05 percent, which had the lowest effect. Therefore, based on the findings, it is recommended that a combination of mechanical and biological measures be used in watershed management programs in similar basins to improve soil moisture conservation.

Keywords: Structural measures, Amygdalus scoparia planting, Vegetation cover, Water resources management.

1. Ph.D Graduate in Watershed Engineering and Sciences, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

2. Corresponding author: Associate Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran. E'mail: Ebrahimomidvar@kashanu.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran