

مقدمه

موضوع آب و مهار رواناب، با توجه به افزایش جمعیت، افزایش مصرف آب، خشک‌سالی، کاهش بارندگی و افزایش رواناب روزبه‌روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند [۶]. در این بین یکی از رویکردهای جذاب و توجیه‌پذیر در استحصال آب، استفاده از آب باران برای کشت در اراضی دیم است به طوری که از طریق استفاده‌ی درجا از آب استحصال‌شده علاوه بر هزینه‌ی کم، سادگی طراحی آن نیز بر قابلیت‌های کاربردی این رویکرد افزوده است. امروزه این فناوری، بخصوص در کشورهایی که با مشکل کم‌آبی مواجه هستند مورد توجه جدی قرار گرفته است [۱۷].

سابقه استفاده از سامانه‌های سطوح آبخیز باران، جهت تأمین آب مورد نیاز اراضی زراعی مربوط به سال ۱۹۲۹ است [۳]. از آن زمان تا کنون به مرور، روش‌های نوین سازگار با شرایط اقلیمی، جایگزین روش‌های سنتی گردیده است، به طوری که امروزه استحصال آب باران و بهره‌برداری بهینه از آب قابل دسترس یکی از راه‌کارهای مدیریت منابع طبیعی به‌ویژه در آبخیزهای مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. از جمله روش‌های استحصال آب باران که طی سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته، احداث سامانه‌های سطوح آبخیز باران است که طراحی آن‌ها با توجه به خصوصیات خاک، شرایط توپوگرافی و اقلیمی انجام می‌گیرد. در استفاده از سامانه‌های سطوح آبخیز باران برای توسعه‌ی کشت دیم یا کاشت درختان مثمر، تأثیر آن‌ها در تولید رواناب، استقرار نهال‌های مثمر و بهبود عوامل رویشی نهال‌ها و ارتقای وضعیت مراتع مورد بررسی و پژوهش بوده است [۸]. با توجه به این‌که جمع‌آوری آب باران و سپس حفظ آب جمع‌آوری‌شده و رطوبت ناشی از آن برای مدت طولانی دو ویژگی مهم در طراحی سامانه‌های سطوح آبخیز باران برای کشت دیم است، از این رو برخی از مطالعات، بر اثرات این وجوه از سامانه‌ها متمرکز شده‌اند. به طوری که نیک‌نژاد و همکاران [۱۰] در بررسی تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبخیز باران به این نتیجه رسیدند که سامانه‌های عایق شده با نایلون با ضریب تولید رواناب ۵۷ درصدی، بیش‌ترین کارایی در جمع‌آوری آب باران را داشتند. آقارضا و همکاران [۱] در مقایسه‌ی توانایی سامانه‌های سطوح آبخیز باران در تولید رواناب در قالب سه تیمار عایق با نایلون، مرتع طبیعی و مرتع با حذف پوشش گیاهی نتیجه گرفتند که سامانه‌های عایق با توان حداقل ۱۷ برابری نسبت به دو تیمار دیگر، قابلیت بهتری در جمع‌آوری آب باران دارند. شاهینی و آسیایی [۱۳] نیز در مقایسه‌ی سه تیمار

بررسی میزان تأثیر گذاری سامانه‌های سطوح آبخیز باران بر میزان نکه‌داشت آب سبز در نیم‌رخ خاک

مجید خزایی^۱ و سعید نجفی*^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین مناسب‌ترین روش افزایش ماندگاری رطوبت (آب سبز) در پروفیل خاک در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار شامل سه تیمار استفاده از کاه و کلش گندم با ترکیبات و شیوه‌های متفاوت، یک تیمار استفاده از ضایعات اسفنج و فیلتر سنگریزه‌ای، یک تیمار استفاده از کود حیوانی و تیمار خاک طبیعی (شاهد) انجام گرفت. میزان رطوبت خاک تیمارها به مدت سه سال هر ۱۵ روز یک بار به وسیله بلوک‌های گچی اندازه‌گیری و مقادیر درصد رطوبت وزنی آن‌ها نسبت به هم و تیمار شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد تیمار استفاده از اسفنج و فیلتر سنگریزه‌ای در افزایش ماندگاری رطوبت خاک در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب با مقادیر ۱۵/۲ و ۱۰/۸ درصد رطوبت در سطح ۱ درصد معنی‌دار و مؤثر بوده است. قابل ذکر است بین سه تیمار استفاده از کاه و کلش گندم با ترکیبات و شیوه‌های متفاوت با مقادیر ۱۲/۳ تا ۱۲/۷ درصد رطوبت، تفاوت معنی‌داری از نظر ارجحیت در حفظ رطوبت در سامانه‌ها مشاهده نشد.

کلیدواژه‌ها: استحصال آب، فیلتر سنگریزه‌ای، کشاورزی دیم، رطوبت وزنی، سامانه‌های سطوح آبخیز باران

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران
۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران. پست الکترونیکی: sa.najafi@urmia.ac.ir

از سامانه‌ها شامل شاهد، عایق با نایلون و تیمار با سطح کوبیده شده به این نتیجه رسیدند که تیمارهای عایق با نایلون در مقایسه با سایر تیمارها توانایی بسیار بهتری در جمع‌آوری آب باران دارند به طوری که زنده‌مانی ۱۰۰ درصد نهال‌های زیتون کاشته شده در این تیمارها طی گذشت پنج سال از کاشت نهال‌ها، تأیید عملی عملکرد بهتر این سامانه‌ها در مقایسه با موارد دیگر را در پی داشت. رضایی و موسوی [۱۱] هم در مقایسه‌ی سامانه‌ها با تیمارهای طبیعی، نیمه عایق و عایق با نایلون و شن دریافتند که تیمارهای تمام عایق با ضریب رواناب ۴۴ درصدی عملکردی به مراتب بهتر نسبت به دو تیمار دیگر دارند. در این میان برخی مطالعات مانند صادق‌زاده ریحان و همکاران [۱۲] تعبیه‌ی فیلتر سنگریزه‌ای در سامانه‌ها را منجر به افزایش رطوبت در دسترس نهال‌ها دانستند درحالی‌که این نتایج با یافته‌های نجفی و بیات‌موحد [۹]، بیات‌موحد و همکاران [۲] و نجفی [۷] همخوانی نداشت. در این زمینه یانی^۱ و همکاران [۱۶] پیرامون نقش فیلترهای شنی در ذخیره‌سازی رطوبت خاک تحقیقاتی انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که به‌کارگیری فیلترهای شنی می‌تواند نقش مهمی در افزایش رطوبت خاک داشته باشد.

میرطاهری و همکاران [۶] در بررسی کارایی سامانه‌های سطوح آبگیر باران برای آبیاری تکمیلی عنوان کردند که تنها با استحصال ۱۰ درصد رواناب در بخش توده سنگی ۲۷۳۲ هکتاری حوضه‌ی هفت باغ علوی کرمان، ۸ میلیون مترمکعب آب در اختیار بخش‌های مصرفی قرار می‌دهد که از این طریق می‌توان ۱۶۱۱۰ هکتار باغ را آبیاری تکمیلی کرد. صادق‌زاده ریحان و همکاران [۱۲]، با بررسی روش‌های استحصال آب باران در افزایش رطوبت خاک و رشد نهال پسته نشان دادند که سامانه با فیلتر سنگریزه‌ای بیشترین میزان رطوبت را در خودش ذخیره کرده و بعدازآن به ترتیب تیمارهای کوزه، پرلیت و شاهد قرار گرفتند. همچنین تأثیر تیمارهای آزمایشی بر روی ارتفاع، قطر یقه و مساحت برگ‌های نهال پسته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. از طرفی بیشترین میزان ارتفاع نهال، قطر یقه و مساحت برگ‌ها مربوط به سامانه‌های با فیلتر سنگریزه‌ای و کم‌ترین آن‌ها مربوط به تیمار شاهد بود. لی^۲ و همکاران [۴]، اثرات مختلف روش‌های جمع‌آوری آب باران روی رطوبت خاک و رشد درخت گز در منطقه نیمه‌خشک لسی در چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، که ارتفاع درخت گز در تیمارهای مورد آزمایش نسبت به تیمار شاهد با اختلافی معنی‌دار افزایش یافته بود. سوابق تحقیقات گذشته نشان می‌دهد عواملی مانند روش‌های استحصال نزولات، نفوذ رواناب جمع‌آوری شده به پروفیل خاک، همراه با روش‌های افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در پروفیل خاک و کاهش تبخیر، می‌توانند نقش بسیار مهمی در استقرار و توسعه گیاهان شمر در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک داشته باشند. کمبود رطوبت ذخیره‌شده در خاک، عامل مهمی در تشدید مسائل و

مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک از نظر تولیدات کشاورزی و پایداری محیط‌زیست به شمار می‌رود و سبب گردیده تا بخش وسیعی از اراضی حاصلخیز منطقه بدون استفاده باقی بماند. بررسی‌ها نشان می‌دهد [۸] پژوهشگران عمدتاً طراحی و استقرار سامانه‌های سطوح آبگیر باران و نفوذ رواناب به عمق خاک را مورد مطالعه و توجه قرار داده‌اند درحالی‌که توجه به افزایش زمان ماندگاری رطوبت در پروفیل خاک و استفاده بهینه از نزولات آسمانی در قالب آن می‌تواند وجه دیگری از مطلوبیت سامانه‌های سطوح آبگیر باران باشد تا شرایط مناسبی برای استقرار گونه‌های مقاوم و سازگار به کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک را فراهم آورد. از این رو پژوهش حاضر با هدف تعیین مناسب‌ترین روش‌های افزایش ماندگاری رطوبت در پروفیل خاک در قالب سامانه‌های سطوح آبگیر باران شامل سه تیمار استفاده از کاه و کلش گندم با ترکیبات و در اعماق متفاوت خاک، تیمار استفاده از ضایعات اسفنج و فیلتر سنگریزه‌ای، تیمار استفاده از کود حیوانی و تیمار خاک طبیعی (شاهد) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

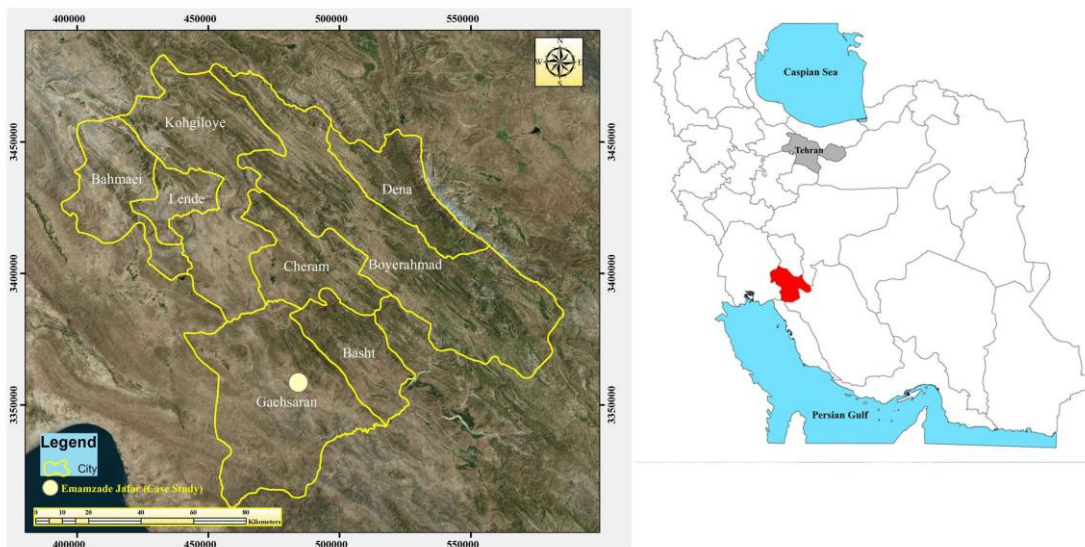
موقعیت جغرافیایی محل اجرای طرح

منطقه مورد مطالعه در نزدیکی ایستگاه هواشناسی امامزاده جعفر، در ۲۵ کیلومتری شرق شهر گچساران و بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۶ دقیقه واقع گردیده است. شیب محل اجرای طرح ۲۰ درصد با جهت جنوبی و ارتفاع نسبت به سطح دریا ۷۸۰ متر است. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی امامزاده جعفر متوسط بارندگی سالانه ۴۰۰ میلی‌متر، متوسط میزان تبخیر سالانه ۲۹۳۴ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت روزانه ۲۱/۴ درجه سانتی‌گراد بوده است. به‌منظور طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌ها در سطح زمین، ابتدا از طریق بازدیدهای میدانی، منطقه مناسب برای اجرای طرح انتخاب و محصور گردید. در قسمت ابتدایی از بالادست سطح محصورشده، به موازات آن پشته‌ای با ارتفاع نیم متر ایجاد شد تا از ورود رواناب‌های سایر بخش‌ها به محدوده‌ی اجرای سامانه‌ها جلوگیری شود. با توجه به تحلیل الگوی بارش با دوره بازگشت پنج‌ساله، سامانه‌ها با ابعاد ۲×۲ متر، با سطح عایق نایلونی و با آرایش لوزی احداث شدند (شکل ۱ و ۲).

در بخش انتهایی سامانه‌ها نیز چاله‌های کاشت جهت ذخیره‌ی رواناب جمع‌آوری شده برای حجم حداقل ۲۰ لیتر آب باران جمع‌آوری شده، تعبیه شد.

بر همین اساس، تیمارهای موردنظر به صورت زیر در عرصه پیاده شد. تیمار (A) مخلوط کود حیوانی به میزان ۵ کیلوگرم به طور یکنواخت با خاک چاله و به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در کف و دیواره پایین دست چاله؛ تیمار (B) مخلوط کاه و کلش به میزان ۵ کیلوگرم با خاک چاله؛ تیمار (C) مخلوط کاه و کلش به میزان ۵ کیلوگرم به طور یکنواخت با خاک چاله و استفاده از کاه و کلش به ضخامت

1. Yanni
2. Li



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محل انجام پژوهش در استان کهگیلویه و بویراحمد
 Fig 1. Location of the research site in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province



شکل ۲- سامانه با سطح عایق جهت جمع‌آوری رواناب (راست) و سامانه‌های لوزی شکل با ابعاد ۲×۲ متر در محل اجرای پروژه (چپ)
 rhombus- insulated surface to collect runoff (right) and implemented Fig 2. A rainwater harvesting (RWH) system with an shaped RWH systems with dimensions 2×2 at the study site (left)

به‌منظور اندازه‌گیری رواناب حاصل از بارندگی‌ها و تعیین میزان آب جمع‌آوری‌شده از هر رگبار، در پایین‌دست یکی از سامانه‌ها اقدام به نصب یک عدد حوضچه فلزی گالوانیزه به ظرفیت ۳۰۰ لیتر شد (شکل ۳). سپس بعد از هر رگبار با مراجعه به منطقه اجرای طرح، ارتفاع رواناب و حجم آب جمع‌آوری‌شده اندازه‌گیری شد. هم‌زمان با ثبت مقادیر رواناب، میزان بارش از ایستگاه باران‌سنجی موجود در نزدیکی محل اجرای طرح نیز ثبت گردید.

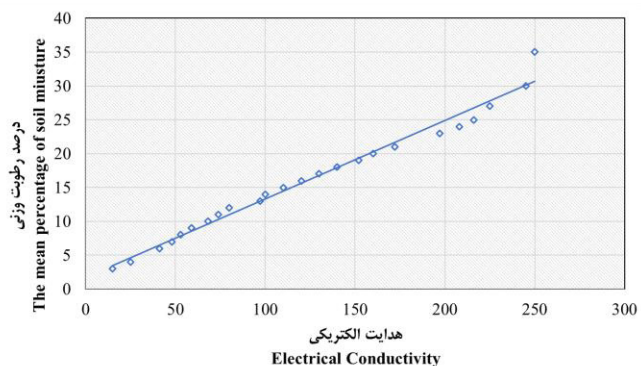
اندازه‌گیری درصد رطوبت وزنی تیمارها

قبل از اندازه‌گیری درصد رطوبت وزنی هر یک از تیمارها، بلوک‌های گچی کالیبره گردید. این عمل از طریق قرار دادن بلوک

۱۰ سانتی‌متر در کف و دیواره پایین‌دست چاله؛ تیمار (D) مخلوط خاک چاله با ۵ کیلوگرم کاه و کلش به‌طور یکنواخت و استفاده از کاه و کلش به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در قسمت کف و پایین‌دست چاله و ایجاد سطح عایق با استفاده از نایلون در پایین‌دست چاله؛ تیمار (E) در عمق ۲۰ سانتی‌متری از چاله (عمق ۷۰ سانتی‌متری) به همراه استفاده از اسفنج به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر، روی اسفنج به ضخامت ۲ سانتی‌متر سنگریزه و روی سنگریزه به ضخامت ۸ سانتی‌متر خاک طبیعی چاله و سپس جهت انتقال سریع آب به محل اسفنج و عمق خاک، از عمق ۵۰ سانتی‌متری تا سطح خاک از فیلتر سنگریزه‌ای پر گردید. نهایتاً تیمار (F) تیمار شاهد به معنی عدم انجام هرگونه عملیات در داخل چاله و خاک.



شکل ۳- حوضچه اندازه‌گیری رواناب قبل از نصب
Fig 3. Runoff measuring container before installation



شکل ۴- منحنی کالیبراسیون بلوک‌های گچی (راست) و بلوک گچی و دستگاه اندازه‌گیری آن (چپ)
Fig 4. Calibration curve of plaster blocks (right) and plaster block and its measuring device (left)

منحنی کالیبراسیون بلوک‌های گچی، درصد رطوبت وزنی هریک از تیمارها تعیین شد.

نتایج

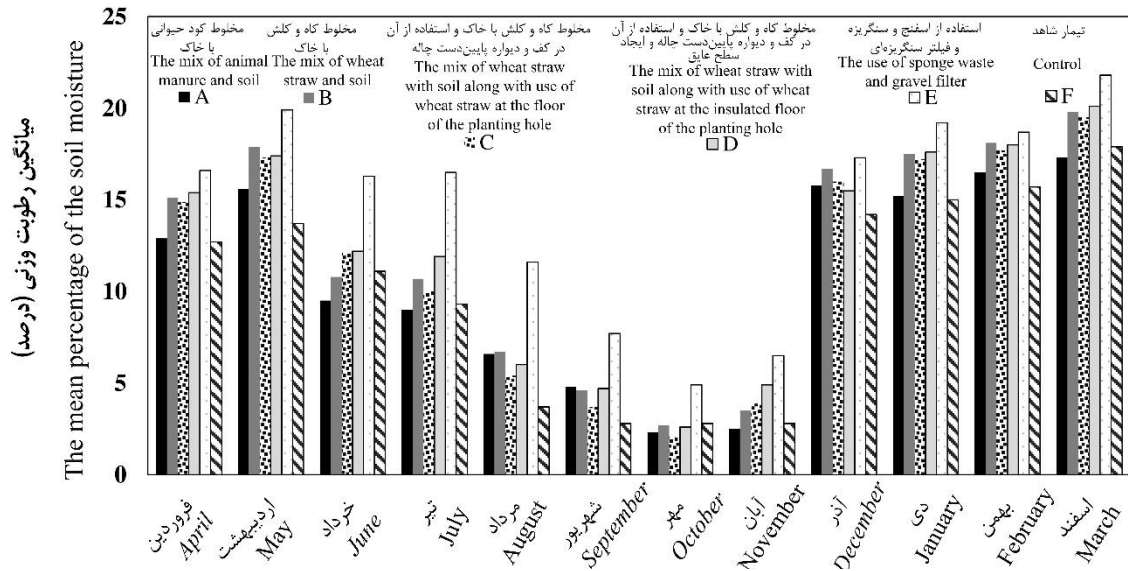
میانگین درصد رطوبت وزنی مبتنی بر داده‌های کل سال‌های آماربرداری به‌صورت میانگین ماهیانه و فصلی برای تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبیگر باران به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. همان‌طور که گفته شد در روزهای رخداد رگبار، مقادیر بارندگی از طریق ایستگاه باران‌سنجی ثبت و سپس یک تا دو روز بعد از هر بارندگی با مراجعه به منطقه اجرای طرح مقدار رواناب نیز از طریق میزان آب جمع‌آوری شده در مخزن نصب‌شده در انتهای یکی از سامانه‌ها اندازه‌گیری شد که نتایج مقادیر بارش و رواناب متناظر بارندگی در هر ماه از سال نیز در شکل ۷ ارائه شده است.

جدول ۱ با توجه به میانگین درصد رطوبت وزنی ناشی از اثرات تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبیگر باران در نگهداشت رطوبت خاک را نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز نتایج تجزیه واریانس

گچی در خاک گلدان و نمونه‌برداری از خاک گلدان از حالت اشباع تا نقطه پژمردگی و سپس اندازه‌گیری درصد رطوبت وزنی در آزمایشگاه تعیین شد. به‌منظور دقت بیشتر، پنج عدد بلوک گچی کالیبره شد و سپس با توجه به میانگین هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده، منحنی کالیبراسیون بلوک‌های گچی ترسیم شد (شکل ۴). در هر یک از چاله‌ها، بلوک گچی در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک قرار داده شد و سیم متصل به بلوک گچی به خارج از چاله هدایت گردید، به‌طوری‌که حداقل ۲۰ سانتی‌متر از سیم مربوط به بلوک گچی خارج از چاله قرار گرفت. سپس میزان رطوبت خاک تیمارها به مدت ۳ سال هر ۱۵ روز یک بار به‌وسیله بلوک‌های گچی اندازه‌گیری و مقادیر درصد رطوبت وزنی آن‌ها نسبت به هم و تیمار شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. جهت مقایسه تیمارها از نظر میزان تأثیر هریک از آن‌ها در ذخیره و افزایش ماندگاری رطوبت در خاک، یک تا دو روز بعد از هر بارندگی از طریق دستگاه اهم‌متر مقاومت جریان الکتریکی هریک از تیمارها تعیین گردید و سپس با توجه به رابطه بین مقاومت الکتریکی و هدایت الکتریکی (رابطه معکوس)، هدایت الکتریکی بلوک‌های گچی در هریک از تیمارها محاسبه و از طریق

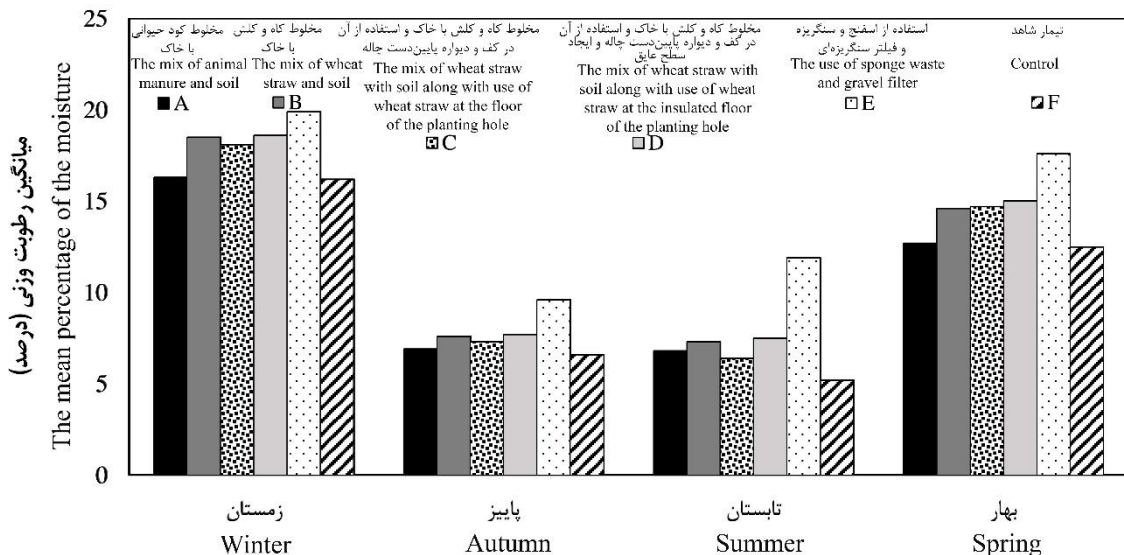
به جدول ۲ و شکل ۸، نسبت به بقیه تیمارها، بیشترین اختلاف در نگهداشت رطوبت را در سطح معنی داری ۱ درصد نسبت به تیمار شاهد نشان داد. کمترین میزان درصد رطوبت وزنی مربوط به تیمار شاهد (F) است. به عبارتی دیگر بیشترین ماندگاری رطوبت به ترتیب در تیمارهای A، B، D، E، C و A مشاهده شده است. قابل ذکر است که بین سه تیمار B، C و D تفاوت معنی داری از نظر ارجحیت در حفظ رطوبت در سامانه‌ها مشاهده نشد.

میانگین درصد رطوبت خاک در تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبگیر باران را ارائه می‌کند. از آنجایی که طبق جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس در سطح ۱ درصد معنی دار است بنابراین در شکل ۸ نتایج مقایسه میانگین درصد رطوبت وزنی تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبگیر باران با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۱ درصد ارائه شده است. همان‌گونه که از نتایج جدول ۱ ملاحظه می‌شود، بیشترین درصد رطوبت وزنی مربوط به تیمار استفاده از اسفنج، سنگریزه و خاک یعنی تیمار E بوده است. این تیمار با توجه



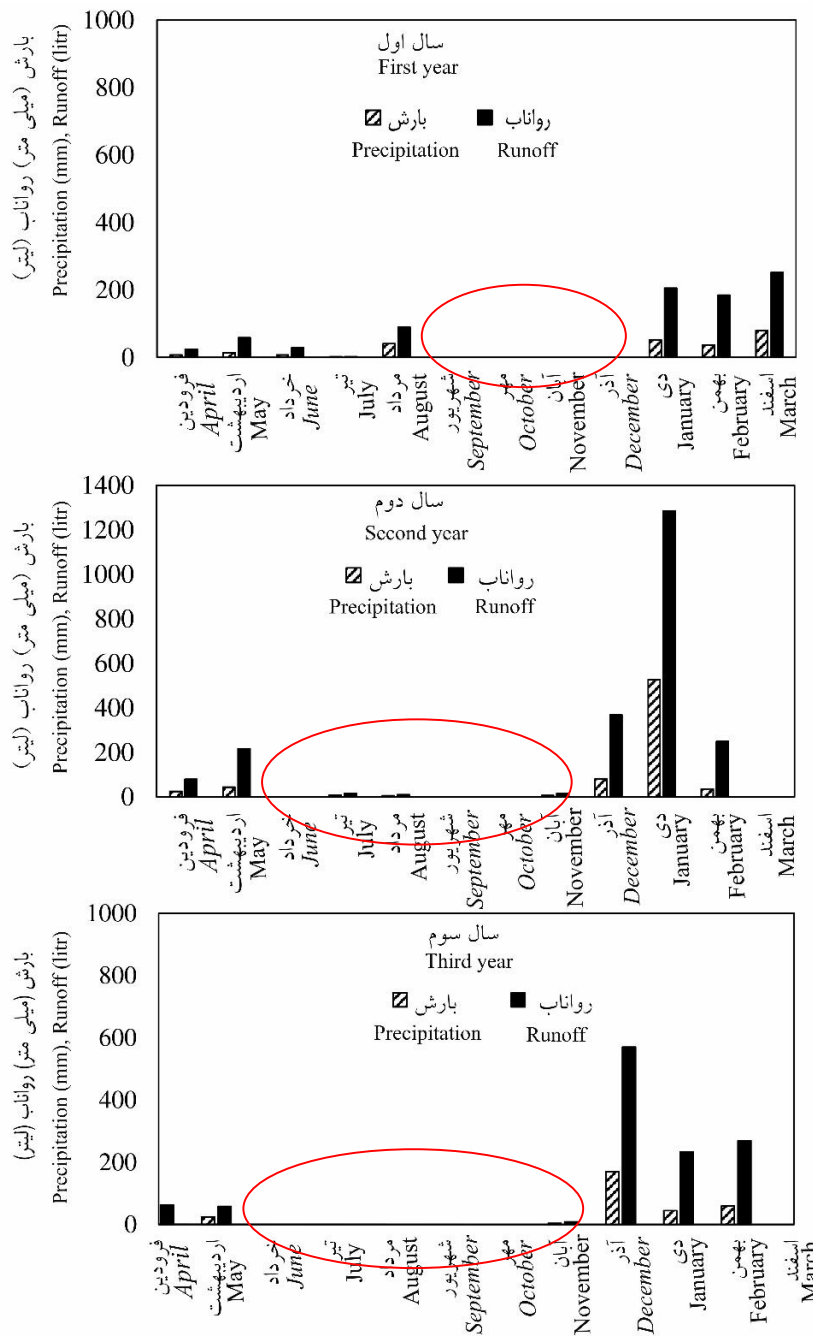
شکل ۵- میانگین رطوبت تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبگیر باران در ماه‌های مختلف سال

Fig 5. The average values of soil moisture content under different treatments of RWH systems over the months of the year



شکل ۶- میانگین رطوبت تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبگیر باران در فصول مختلف سال

Fig 6. The average values of soil moisture content under different treatments of RWH systems over the seasons of the year



شکل ۷- مقادیر بارش و رواناب ایجادشده از یک سامانه طی دوره‌ی سه‌ساله نمونه‌برداری

Fig 7. Values of precipitation and runoff generated from a RWH system during the three-year sampling period

جدول ۱- میانگین درصد رطوبت خاک تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبخیز باران

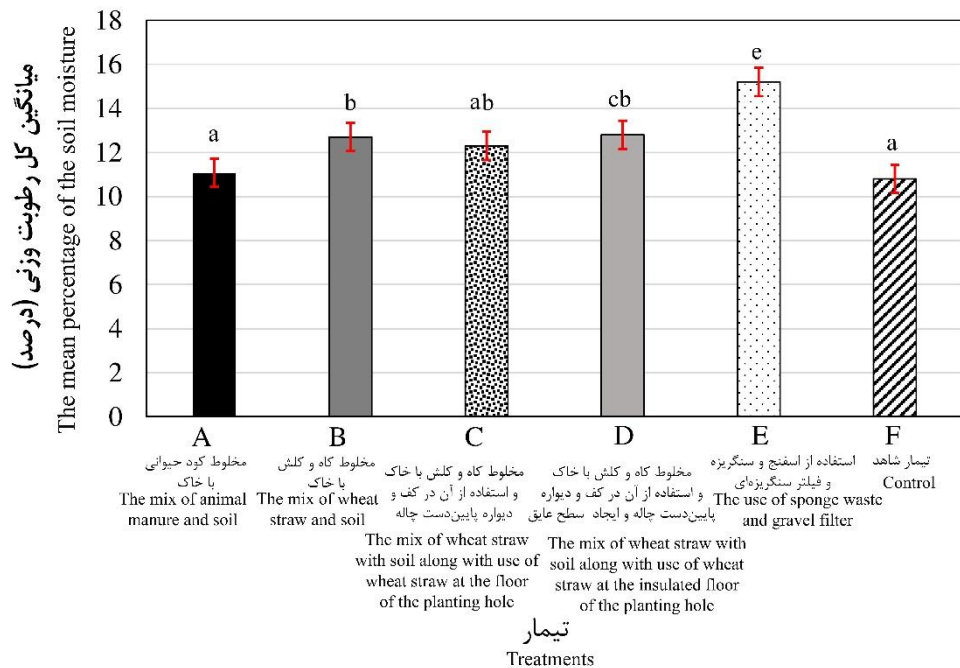
Table 1. The average percentage of soil moisture content under the different treatments of RWH systems

جمع تکرارها Sum of repeats	تیمار Treatment						تکرار Repeat
	F	E	D	C	B	A	
72	10.3	14.3	12.3	12.2	12.7	10.2	1
76.5	10.5	15.9	12.6	13.3	13.2	11	2
76.1	11.7	15.3	13.4	11.4	12.2	12.1	3
224.6	32.5	45.5	38.3	36.9	38.1	33.3	جمع تیمار/Total treatment values
-	10.8	15.2	12.8	12.3	12.7	11.07	میانگین/Mean

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین درصد رطوبت خاک تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبیگر باران

Table 2. Results of One-Way ANOVA of the average percentage of soil moisture content under different treatments of RWH systems

آماره F F-Statistic	میانگین مربعات Mean Squares	مجموع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی Degree of Freedom	منبع تغییر Source of Variation
2.1	1.04	2.08	2	تکرار/Repeat
15.35**	18	36	5	تیمار/Treatment
-	0.52	5.2	10	خطای آزمایش/Error



شکل ۸- نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین درصد رطوبت وزنی تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبیگر باران با استفاده از آزمون دانکن
Fig 8. The results of Duncan's test for the comparison of the average values of soil moisture content under different treatments of RWH systems

بحث و نتیجه‌گیری

خاک نداشته است. دلیل این امر را می‌توان به مقدار کم کود حیوانی به صورت مخلوط با حجم زیاد خاک چاله نسبت داد که در افزایش ذخیره رطوبت تأثیر معنی‌داری نداشته است. نتایج تیمار D نیز نشان می‌دهد که هرچند تعبیه‌ی فیلتر سنگریزه‌ای در سطح خاک و عایق نمودن دیواره پایین دست چاله توسط نایلون، ذخیره رطوبتی پروفیل خاک را نسبت به تیمار شاهد بالا می‌برد اما این افزایش رطوبت در مقایسه با تیمارهای B و C که استفاده از کاه و کلش بدون تعبیه‌ی فیلتر و عایق‌سازی است، بسیار ناچیز به نظر می‌رسد. در مقابل، در تیمار E استفاده از لایه اسفنجی و استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای تأثیر معنی‌داری در ذخیره رطوبت خاک داشته است. بنابراین نقش هم‌زمان اسفنج و فیلتر سنگریزه‌ای در تیمار E در بالا بردن ذخیره رطوبتی این تیمار بسیار مهم است زیرا سامانه با تیمار D که در آن تنها از فیلتر سنگریزه‌ای بدون استفاده از اسفنج استفاده شده است، درصد ذخیره رطوبتی آن (سامانه با تیمار D) با تیمارهای مشابه اما بدون فیلتر سنگریزه‌ای (B و C) تفاوت معنی‌داری ندارد. به‌طورکلی

وضعیت منحنی رطوبتی تیمارها نشان می‌دهد که در روزهای پر بارش، افزایش رطوبت در عمق ۵۰ سانتی‌متری پروفیل خاک، اختلاف ذخیره رطوبتی بین تیمارها را به حداقل می‌رساند. آمار مربوط به درصد رطوبت وزنی تیمارها در ماه‌های بهمن و اسفند (شکل ۵) صحت این موضوع را نشان می‌دهد. زیرا در زمانی که بارندگی‌های با شدت و مدت طولانی رخ دهد تا چند روز پس از بارندگی، خاک کلیه تیمارها در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک نزدیک به حد اشباع باقی می‌ماند و در زمان اندازه‌گیری رطوبت خاک، تفاوت درصد رطوبت وزنی تیمارها معنی‌دار نیست. همچنین در فصل تابستان که تقریباً بارندگی چندانی رخ نمی‌دهد، درصد رطوبت خاک تیمارها تا مهر ماه به حداقل مقدار خود می‌رسد (شکل ۵).
همچنین نتایج نشان می‌دهد در مقابل سامانه با تیمار اسفنج، سنگریزه و خاک (E) به‌عنوان بهترین سامانه در حفظ رطوبت خاک، تیمار مربوط به کود حیوانی (A) تأثیر چندانی بر روی ذخیره رطوبت

4. Li, X.Y. Zhao, W.W. Song, Y.X. Wang, W. and Zhang, X.Y. 2008. Rainfall harvesting on slopes using contour furrows with plastic-covered transverse ridges for growing caragana Korshinskii in the semiarid region of China. *Agricultural Water Management*. 95 (5): 539-544.

5. Matos, C. Santos, C. Pereira, S. Bentes, I. and Monzur, I. 2013. Rainwater storage tank sizing: Case study of a commercial building. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2(2): 109-118.

6. Mirtaheri, A. Tajbakhsh, S.M and Ghazanfari, M.S. 2020. Investigation of runoff production capacity from rocky surfaces of the watershed for supplementary irrigation, Case study: Haft Bagh Alavi watershed in Kerman. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*. 8(24): 35-44. (In Persian)

7. Najafi, S. 2019. Comparison of the preliminary effect of Micro-Catchment Rainwater Harvesting Systems on the photosynthetic activities of Almond seedlings. *Desert Ecosystem Engineering Journal*. 8(23): 73-84. (In Persian)

8. Najafi, S. 2020. Micro-Catchment Rain Water Harvesting Systems and fruit seedlings: Strategies and Research challenges. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*. 8(25): 25-32. (In Persian)

9. Najafi, S. and Bayat-Movahhed, F. 2012. Comparison of diameter growth of Apricot and Almond seedlings in different treatments of rainwater catchment systems. 1st Iranian National Conference on Rainwater Catchment Systems, Mashhad, Iran, December 12-13, 2012. (In Persian)

10. Niknezhad, D. Roghani, M. Nasser, A. Yarahmadi, J. Mehrvarz, K. and Sadeghzadeh, M.E. 2015. Study of operation of different rainwater catchments systems in runoff production in semi-arid area of Ovn Ebn Ali (East Azerbaijan). *Watershed Engineering and Management*. 7(2): 223-228. (In Persian)

11. Rezaei, A. and Mousavi, S.J. 2010. Necessity insulation area to collect rain water in arid areas. *Journal of Watershed Management Science and Engineering* 4(11): 53-56. (In Persian)

12. Sadeghzadehrehian, M.E. Zarehaghghi, D. and Neyshabouri, M.R. 2013. Evaluation of rainwater harvesting methods in increasing soil moisture and pistachio seedling growth. *Water and Soil Science*. 23(4): 203-214. (In Persian)

13. Shahini, G. and Asiaie, M. 2014. Extraction of rain water in microcatchments to negarim form method. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*. 2(1): 37-42. (In Persian)

14. Song, J. Han, M. Kim, T. and Song, J. 2008. Rainwater harvesting as a sustainable water supply option in Banda Aceh.

در یک جمع‌بندی نهایی می‌توان نتیجه گرفت که به‌جز تیمار A که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشته است اختلاف میانگین سایر تیمارها با تیمار شاهد معنی‌دار است به‌طوری‌که اختلاف میانگین تیمارهای B, C و D با تیمار شاهد در سطح پنج درصد و اختلاف میانگین تیمار E با تیمار شاهد در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. مقایسه اختلاف میانگین تیمارها با یکدیگر نیز نشان داد که میانگین درصد رطوبت وزنی تیمار E با همه تیمارها در سطح پنج درصد معنی‌دار است. اختلاف میانگین تیمارهای B, C و D نیز با یکدیگر معنی‌دار نبوده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین تیمارها و منحنی‌های رطوبتی مربوط به تیمارها نتایج کاربردی حاصل از پژوهش حاضر را می‌توان به شرح زیر ارائه داد:

الف- تیمار E در منطقه گرمسیری استان جهت احداث باغات در اراضی شیب‌دار و هم‌چنین احیای اراضی جنگلی رهاشده توصیه می‌گردد. استفاده از تیمار A با مقدار کود حیوانی مصرفی (پنج کیلوگرم در هر چاله در هر سامانه) طبق روش پژوهش، هرگز مبتنی بر نتایج این پژوهش توصیه نمی‌شود زیرا کارایی خاصی در نگهداشت رطوبت از خود بروز نداده است. بر همین اساس برای بررسی کارایی آن، در پژوهش‌های آتی استفاده از مقادیر بیش‌تری از کود حیوانی (بیش از پنج کیلوگرم در هر چاله برای هر سامانه) نیاز است تا مقدار بهینه‌ی آن در رابطه با تأثیر مثبت بر نگهداشت رطوبت در سامانه‌های سطوح آبیگر باران مشخص شود.

با توجه به نیاز آبی متفاوت گونه‌های درختی، زمان و دوره آبیاری باید با توجه به منحنی رطوبتی در ماه‌های مختلف مشخص گردد.

ب- منحنی رطوبتی تیمارها در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه نشان داد که در شرایط آب و هوایی مناطق گرمسیری در صورت استفاده از تیمار (E) برای درختانی مانند زیتون، هرچند آبیاری تکمیلی امری ضروری است ولی دفعات آبیاری تکمیلی نسبت به سایر تیمارها کمتر خواهد بود. به‌طورکلی زمانی که منحنی رطوبتی پایین‌تر از نقطه پژمردگی باشد و منحنی نیاز آبی بالاتر از منحنی درصد رطوبت تیمار موردنظر باشد، آبیاری ضروری است.

منابع

1. Agharazi, H. and Davudirad, A. 2019. Investigation of the role of filters in soil moisture conservation using rainwater harvesting techniques on steep lands. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*. 7(21): 15-24. (In Persian)

2. Bayat-Movahhed, F. Najafi, S. and Roghani, M. 2016. Assessing effect of treated rain water catchment systems on activity of photosynthetic parameters in Apricot seedlings. *Watershed Engineering and Management*. 8(2): 193-202. (In Persian)

3. Jijian, F.Y.L. 2001. Optimal models for the system of rainwater harvesting for supplemental irrigation. *Differentiation*. 3: 7-5.

17. Yuan, T. Fengmin, L. and Puhai, L. 2003. Economic analysis of rainwater harvesting and irrigation methods, with an example from China." *Journal of Agricultural Water Management*, 60(3): 217-226.

Desalination. 248 (1-3): 233-240. (In Persian)

15. Ward, S. Memon, F.A. and Butler, D. 2012. Performance of a large building rainwater harvesting system. *Water Research*. 46(16): 5127-5134.

16. Yanni, S., Nimah, M.N. and Bashour, I. 2003. Gravel vertical mulching for improving water irrigated orchards. *ISHS Acta Horticulturae* 664. IV International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops.

Investigation of the Effect of Micro-Catchment Rainwater Harvesting Systems on the Amount of Green Water Retention in the Soil Profile

M. Khazaei¹ and S. Najafi²

Received: 14-05-2022

Accepted: 4-10-2022

Abstract

The present study aimed to determine the most appropriate methods to increase moisture retention in the soil profile. This research was designed in the form of a randomized complete block design with six treatments including three treatments using wheat straw with different compositions and methods, one treatment using sponge waste and gravel filter, one treatment using animal manure and natural soil treatment (control). The soil moisture content of the treatments was measured every 15 days by gypsum blocks for 3 years and their weight percent moisture content was compared to each other and the control treatment. The results showed that the treatment using sponge and gravel filter was significant and effective in increasing the soil moisture retention compared to the control treatment with values of 15.2 and 10.8 percent moisture at the 1 percent level of significance, respectively. It is worth to mention that between the three treatments using wheat straw with different compositions and methods, with a range of 12.3 to 12.8 percent moisture content, no significant difference was observed therefore none of them has a preference over the other in terms of maintaining soil moisture content.

Keywords: *Green water, Rainwater harvesting, Gravel filter, Rainfed agriculture, Weight moisture*

1. Assistant Professor Forests, Rangelands and Watershed Management Engineering Department, Kohgiluyeh & Boyer-Ahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension, Yasouj, Iran
2. Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran. Email: sa.najafi@urmia.ac.ir