نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۲، شماره ۱، ۱۳۹۹، صفحات ۲۰-۲۹

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 12, Issue 1, 2020, Pages 20-29
DOI: 10.22092/ijwmse.2019.123908.1567

مقایسه کارایی سامانه‌های سطوح آبگیر در استحصال آب در استان کرمانشاه

محمد قیطوری*[۱]، مسیب حشمتی[۲] و محمد روغنی[۳]

[۱] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران، [۲] دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران و [۳] استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳

چکیده

کمبود منابع آب مهمترین پیامد تغییرات اقلیمی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران به‌مراتب شدیدتر است. سامانه‌های سطوح آبگیر باران راهکار مناسبی برای مقابله با چالش خشکی و خشکسالی و نیل به اهداف افزایش بهره‌وری آب و بهبود شرایط معیشت ساکنین حوضه است. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه کارائی سامانه-های مختلف سطوح آبگیر باران در استحصال رواناب بود که در یک دامنه جنوبی با شیب حدود ۲۰ درصد در روستای کبوده‌علیا در استان کرمانشاه انجام شد. در این پژوهش، سامانه جمع‌آوری باران لوزی‌شکل در ابعاد ۱/۷ × ۱/۷ متر با سه تیمار سطح خاک کوبیده شده همراه با کاه، سنگ‌فرش با پوشش پلاستیک و شاهد در سه تکرار انجام شد. به‌منظور تعیین مقدار رواناب تولید شده از هر بارش، نه مخزن ۱۰۰ لیتری در پایین‌دست راس هر سامانه نصب و بعد از هر رگبار مقدار آب ذخیره شده، اندازه‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که ضریب رواناب حاصل از بارش از سطح سامانه‌های آبگیر کاه‌گل (خاک کوبیده با کاه)، پلاستیک با روکش سنگفرش و شاهد به‌ترتیب ۴۴، ۸۸ و ۱۶ درصد بود که در دو سامانه اول رابطه معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بین میزان بارش و حجم آب استحصال یافته وجود داشت. بر اساس نتایج این پژوهش، تیمار سطح پلاستیک با سنگفرش و بعد از آن سامانه خاک کوبیده شده با کاه نقش قابل توجهی در استحصال آب داشتند. همچنین، بر پایه نتایج این پژوهش، آستانه تولید رواناب برای سامانه‌های خاک کوبیده شده با کاه، سطح پلاستیک با روکش سنگفرش و سطح شاهد به‌ترتیب ۱/۵، ۰/۸ و ۳/۴ میلی‌متر بارندگی است که در سامانه پلاستیک به‌طور معنی‌داری کمتر بود. بنابراین، در صورتی که ایجاد سطح آبگیر با استفاده از کاه‌گل مشکل باشد، سطح پلاستیکی نقش قابل توجهی در استحصال آب باران خواهد داشت. در عمل نیز ایجاد سامانه لوزی‌شکل بر روی دامنه نسبت به اشکال دیگر ساده‌تر است.

واژه‌های کلیدی: استحصال آب باران، پوشش پلاستیک با سنگفرش، رطوبت خاک، سامانه لوزی‌شکل، کبوده‌علیا

مقدمه

استحصال آب باران، شیوه‌ای برای افزایش آب قابل دسترس به‌منظور کاهش اثرات تنش‌های خشکی و کمبود آب در فصل خشکی است که مزایای آن استفاده بهینه از رواناب در مصارف کشاورزی است (Brook، ۲۰۰۳). کمبود آب برای شرب و عملیات کشاورزی اساسی‌ترین مشکل بشر در مناطق خشک و بیابانی است. ایران نیز یکی از مناطق خشک و

* مسئول مکاتبات: m.ghaitori@areeo.ac.ir

نیمه‌خشک دنیا است که از قدیم تدابیر ویژه‌ای از طرف مردم برای مقابله با پدیده خشکی و خشکسالی به‌کار بسته شده است. احداث قنات، آب انبارها، سکوچینی روی دامنه‌ها و احداث باغات دیم روی آن‌ها، نمونه‌ای از این تدابیر است. در دهه‌های اخیر بررسی‌ها و تحقیقات گوناگونی بر اساس نیازهای محلی و ملی و در زمینه مقابله با خشکی و خشکسالی انجام گرفته است که دستاوردهای مختلفی برای بهره‌وری بهینه از این منابع خدادادی داشته است.

شواهد تاریخی حاکی از آن است که سکونت و کشاورزی در دنیای قدیم به‌طور عمده محدود به نواحی دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در خاورمیانه بوده است. شاید در چنین مناطقی به‌دلیل نبود امکان دستیابی ساکنین به فن و دانش طراحی و احداث سدهای مخزنی، نبود و یا ناچیز بودن تعداد رودخانه‌ها و واقع شدن مناطق پهناور در خارج از شبکه رودخانه‌های بزرگ، کشاورزی از همان ابتدا به آبیاری و جمع‌آوری ریزش‌های جوی و رواناب‌های سطحی و سیلاب‌ها متکی بوده است (Evenori، ۱۹۷۵).

تفکر حاکم بر لزوم بهینه‌سازی بهره‌برداری از ریزش‌های جوی برخاسته از این اندیشه است که بهره‌وری از ریزش‌های جوی یکی از راهکارهای اجرایی مدیریت و بهره‌برداری از آب قابل دسترس به‌ویژه برای احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی می‌باشد (Stroosnijder و Hoogmoes، ۱۹۸۴). پژوهش‌های انجام شده در آمریکای شمالی حاکی از آن است که قبل از سکونت اروپایی‌ها در سرزمین مکزیک و جنوب غربی ایالات متحده آمریکا، بومیان منطقه در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک، کشاورزی پررونقی را از طریق هدایت رواناب‌های سطحی به اراضی کشاورزی داشته‌اند (Critchley، ۱۹۸۷). در پژوهش دیگری، نتایج نشان می‌دهد که در شیب کمتر از پنج درصد، عمق جبهه خیس شده بیشتر می‌باشد. در اراضی با شیب بیش از پنج درصد، با افزایش شیب زمین، از عمق جبهه رطوبتی کاسته شده و انحراف این جبهه در جهت شیب افزایش نشان می‌دهد که این افزایش تحت تاثیر نفوذپذیری خاک و میزان آب ورودی به آن قرار دارد. به‌کارگیری فیلتری از بقایای گیاهی برای ذخیره رطوبت در خاک و تامین نیاز رطوبتی گیاه نیز راهکار مناسبی برای بهینه‌سازی سامانه‌ها می‌تواند معرفی شود (Gardner، ۱۹۷۵؛ Fairbourn، ۱۹۷۵).

در حقیقت، سامانه‌های آبگیر در نوع کوچک مقیاس، سامانه‌هایی هستند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای جمع‌آوری آب بارندگی و قابل استفاده کردن آن برای گیاه تعبیه می‌شود تا ضمن حفظ منابع آب بتوان بر محدویت‌های آبی گیاهان کشت شده نیز غلبه کرد (Ghoddousi، ۲۰۰۳). سامانه‌های سطوح آبگیر باران به دو گروه سنتی و نوین تقسیم‌بندی می‌شوند (Oweis و همکاران، ۱۹۹۹). دلیل این تقسیم‌بندی، صرف نظر از اندازه سطوح آبگیر، موقعیت مکانی، نوع و چگونگی ذخیره‌سازی رواناب جمع‌آوری شده، قابلیت گسترش، میزان پذیرش و به‌کارگیری به‌وسیله کاربران می‌باشد که نکته مهمی در اشاعه فرهنگ مدیریت و استفاده بهینه از ریزش‌های جوی محسوب می‌شود. سامانه‌های سطوح آبگیر نوین، در واقع سامانه‌های اصلاح و تکمیل‌شده سنتی هستند که با اسامی علمی نوین و در تناسب با ویژگی‌ها و کاربردهای هر یک ازسامانه‌ها به‌وسیله جوامع مختلف انسانی معرفی شده‌اند (Cartaud و همکاران، ۲۰۰۵). Niknezhad و همکاران (۲۰۱۵)، در پژوهش خود تحت عنوان بررسی عملکرد سامانه‌های مختلف سطوح آبگیر باران در تولید رواناب در منطقه نیمه‌خشک عون‌ابن‌علی (آذربایجان شرقی) نشان دادند که بیشترین مقدار رواناب مربوط به تیمار پوشش نایلون با رویه لاشه چینی بود و این تیمار را بهترین گزینه برای استحصال آب باران معرفی کرده‌اند.

همچنین، نتایج بررسی مقایسه‌ای عملکرد سه نوع سامانه آبگیر باران عایق، نیمه‌عایق و طبیعی در فرایند بارش-رواناب به‌وسیله Mehdizadeh Youshanloe و Roghani (۲۰۱۶)، در آذربایجان‌غربی نشان داد که بارش موثر برای ایجاد رواناب در سه سامانه عایق، نیمه‌عایق و طبیعی به‌ترتیب ۲/۵، ۳/۵ و ۴/۴ میلی‌متر بود. افزون بر این، ضریب تولید رواناب نیز به‌ترتیب سطوح مورد اشاره ۴۱/۱۷، ۱۰/۵۸ و ۱/۷۴ برای دوره زمانی فروردین تا آبان ماه گزارش شد. لذا، استفاده از تیمار عایق برای ایجاد سطح آبگیر همراه با تعبیه

سامانه ذخیره رواناب حاصل از ماه‌های پرباران مثل فروردین و اردیبهشت و سامانه توزیع آب ذخیره شده در ماه‌های پرنیاز آبی گیاه شامل تیر، مرداد و شهریور توصیه می‌شود. با وجود مشکلات موجود در بهره‌برداری اصولی از منابع، امروزه با تلاش متخصصین و محققین، این امکان فراهم آمده تا بتوان ضمن رعایت اصل همزیستی و یا سازگاری با طبیعت، روش‌ها و الگوهای طراحی شده‌ای را برای استفاده بهینه و پایدار از منابع موجود به‌کار گرفت. روش‌های مزبور می‌بایست دارای جنبه‌های کاربردی بوده و اجرای آن، ضمن کاهش تلفات منابع آب و خاک و ایجاد بسترهای مناسب به‌منظور دسترسی به اهداف توسعه، نقش تعیین کننده‌ای در بهبود زندگی و اقتصاد معیشتی مردم داشته باشد.

به همین منظور، به‌کارگیری روش‌هائی که ضمن سادگی اجرا، دارای مقبولیت لازم در بین آبخیزنشینان باشد، ضروری است. پژوهش حاضر در راستای ارائه راهکار مناسب برای مقابله با چالش خشکی و خشکسالی و نیل به اهداف افزایش بهره‌وری، تولید آب و بهبود شرایط معیشت آبخیزنشینان است. به‌منظور رسیدن به این اهداف، عملکرد سامانه‌های مختلف سطوح آبگیر باران شامل، خاک کوبیده شده با کاه، سطح پلاستیک با پوشش سنگفرش و سطح شاهد در روستای کبوده‌علیا حومه شهر کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفت و کارائی هریک از سامانه‌ها در استحصال آب باران تعیین شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: منطقه اجرای طرح، روستای کبوده‌علیا در عرض شمالی ″۶۹ ′۱۵ °۳۴ و طول شرقی ″۶۰ ′۰۵ °۴۷ در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرمانشاه قرار دارد (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه منطقه اجرای طرح ۴۷۰ میلی‌متر (متوسط دوره آماری ۳۰ ساله) و دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. درصد متوسط شیب دامنه ۲۵ درصد با جهت جنوب غربی با ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و خاک نیمه‌عمیق با بافت خاک نسبتا سنگین و سنگ مادری آهکی است.

گرچه بارندگی سالانه منطقه مناسب است، اما خشکسالی‌های متوالی سالیان اخیر در نواحی زاگرس و از جمله منطقه مورد مطالعه موجب شده که چنین اقداماتی برای حفظ رطوبت خاک به‌منظور جبران تنش‌های خشکی و نیاز آبی، به‌ویژه آبیاری تکمیلی باغات اراضی شیبدار مورد توجه قرار گیرد.

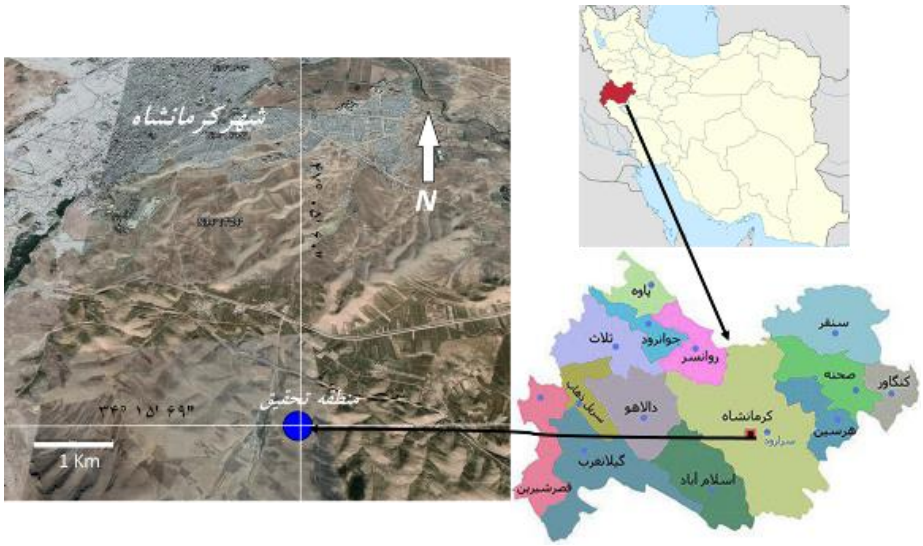
روش پژوهش: ابتدا سطح سه تیمار جمع‌آوری رواناب لوزی‌شکل به ابعاد ۱۷۰ سانتی‌متر شامل، تیمارهای خاک کوبیده شده همراه با کاه، پلاستیک با سنگفرش و سامانه شاهد در سه تکرار طراحی و احداث شد (شکل ۲ و ۳)، به‌طوری‌که رواناب هر بارش، به‌وسیله سطح سامانه به داخل مخزن فلزی طراحی شده در پایین دامنه، هدایت و جمع‌آوری شده است. به‌منظور اندازه‌گیری ضریب رواناب و حجم رواناب داخل مخزن تیمارهای مختلف، یک دستگاه باران‌سنج ثبات در محدوده طرح نصب شد.

طی دو سال، شدت‌های مختلف بارش به‌وسیله این باران‌سنج ثبت و مقدار رواناب تولید شده برای هر بارش در سه تیمار مختلف استحصال آب باران اندازه‌گیری شد. در گام بعدی، حجم ذخیره رواناب بر مبنای سطح تیمارها، به ارتفاع و ضریب رواناب برای هر شدت بارش تبدیل شد. بنابراین، برای هر شدت بارش ثبت شده به‌وسیله باران‌سنج، حجم، ارتفاع و ضریب رواناب هر تیمار تعیین شد. پس از جمع‌آوری داده‌های مختلف بارش و رواناب در تیمارهای مختلف، تجزیه آماری با مدل رگرسیون در محیط نرم‌افزار SPSS انجام شد.

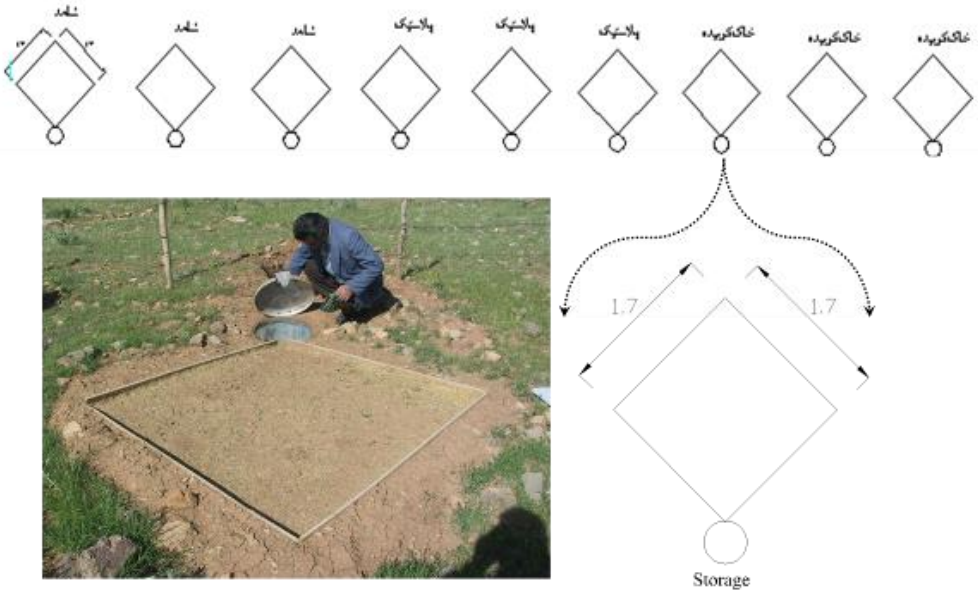
نتایج و بحث

میزان بارش موثر در ایجاد رواناب، ارتفاع و ضریب رواناب در سطوح آبگیر باران و نتایج تجزیه آماری آن‌ها به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ درج شده است. بر این اساس، آستانه بارش برای شروع رواناب در تیمارهای خاک کوبیده شده، پلاستیک همراه با سنگفرش و شاهد به‌ترتیب ۰/۸، ۰/۸ و ۳/۲ میلی‌متر بود که در هر دو سطح عایق به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کمتر از تیمار شاهد می‌باشد. همچنین، متوسط ضریب رواناب برای تیمارهای مختلف از شروع

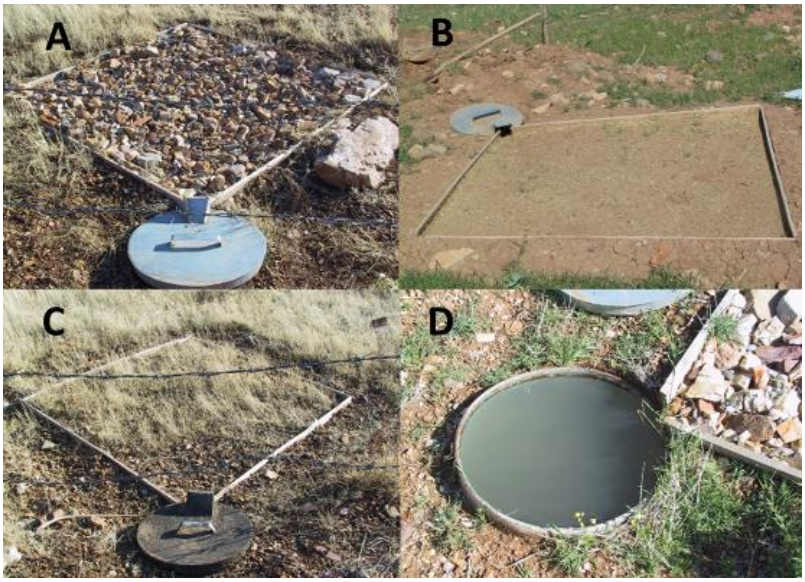
آستانه رواناب برای تیمارهای پلاستیک همراه با سنگفرش، خاک کوبیده شده همراه با کاه و شاهد به‌ترتیب ۸۹، ۴۵ و ۱۹ درصد است که بیانگر عملکرد بالای تولید آب در سامانه پلاستیک نسبت به سایر سامانه‌ها بود. بنابراین، تیمارهای مختلف استحصال آب باران احداث شده، اثرهای متفاوتی را بر میزان دریافتی رواناب از سامانه‌ها داشتند. به‌طوری‌که با افزایش مقدار بارندگی، ارتفاع رواناب و تولید آب در سامانه‌های سطوح پلاستیک همراه با سنگفرش، خاک کوبیده شده ایجاد می‌شود که این مقدار در سامانه‌های پلاستیک و کاه کوبیده شده نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۴/۵ و ۲/۳ برابر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه و سطح کشور



شکل ۲- شمایی از پلان اجرایی طرح سامانه استحصال رواناب باران



شکل ۳- شمایی از تیمارهای استحصال آب باران، A تیمار عایق پلاستیک با سنگفرش، B تیمار عایق خاک کوبیده شده همراه با کاه، C تیمار شاهد طبیعی و D مخزن جمع‌آوری رواناب از سطح عایق

جدول ۱- آستانه بارش موثر در ایجاد رواناب، ارتفاع و ضریب رواناب در سطوح آبگیر باران مورد آزمایش

آستانه بارش موثر در ایجاد رواناب	ارتفاع رواناب (mm)			ضریب رواناب (٪)		
(mm)	شاهد	خاک کوبیده	پلاستیک	شاهد	خاک کوبیده	پلاستیک
۰/۸	۰	۰	۰/۴	۰	۰	۵۰
۱/۵	۰	۰/۲۳	۱/۲۵	۰	۱۵/۳۳	۴۳/۳۳
۲	۰	۰/۲۵	۱/۴۴	۰	۱۲/۵۰	۵۵
۳/۲	۰	۰/۳۹	۲/۳۹	۰	۱۲/۱۹	۷۴/۶۹
۳/۴	۰/۱۱	۰/۵۷	۲/۴۹	۳/۲۴	۱۶/۷۶	۷۳/۲۴
۶/۲	۰/۱۹	۱/۷۲	۵/۱۷	۹/۵۲	۲۷/۷۴	۸۳/۳۹
۶/۸	۰/۹۶	۱/۹۲	۵/۵۶	۱۴/۱۲	۲۸/۲۴	۸۱/۷۶
۷/۶	۱/۰۲	۲/۶۸	۶/۸۲	۱۳/۴۲	۳۵/۲۶	۸۹/۷۴
۹/۱	۱/۰۵	۳/۹۴	۸/۴۳	۱۱/۵۴	۴۳/۳۰	۹۲/۶۴
۱۱/۵	۱/۳۴	۵/۷۴	۱۰/۵۴	۱۱/۶۵	۴۹/۹۱	۹۱/۶۵
۱۳/۶	۱/۷۲	۶/۱۳	۱۱/۴۹	۱۲/۶۵	۴۵/۰۷	۸۴/۴۹
۱۵/۳	۲/۱۱	۶/۳۲	۱۴/۳۷	۱۳/۷۹	۴۱/۳۱	۹۲/۹۲
۱۵/۵	۲/۴۹	۷/۶۶	۱۴/۴۷	۱۵/۸۱	۴۹/۴۲	۹۳/۳۵
۱۶	۲/۴۹	۸/۲۴	۱۴/۷۵	۱۵/۶۳	۵۱/۵۰	۹۲/۱۹
۱۷/۴	۲/۶۸	۸/۴۳	۱۵/۹۴	۱۵/۴۰	۴۸/۴۵	۹۱/۶۰
۱۸	۳/۴۱	۹/۷۷	۱۶/۴۸	۱۸/۹۴	۵۴/۲۸	۹۱/۵۶
۱۸/۶	۴/۴۱	۱۰/۹	۱۷/۲۵	۲۳/۷۶	۵۷/۶۹	۹۲.۷۴
۲۱/۸	۴/۹۸	۱۲/۷۳	۱۹/۹۸	۲۳/۸۴	۵۰/۴۶	۹۱/۶۵
۲۲	۵/۹۴	۱۳/۷۹	۲۰/۱۲	۲۷/۰۰	۶۲/۶۸	۹۱/۴۵
۲۶/۲	۶/۵۱	۱۵/۱۳	۲۴/۳۳	۲۴/۸۵	۵۷/۰۲	۹۲/۸۶
۲۹	۷/۰۹	۱۴/۹۴	۲۶/۲۴	۲۴/۴۵	۵۲/۱۷	۹۲/۲۰
۲۹/۷	۷/۸۰	۱۷/۸۲	۲۶/۷۶	۲۶/۲۶	۶۰/۰۰	۹۰/۱۰
۳۸/۳	۱۲/۶۴	۲۸/۷۴	۳۵/۴۷	۳۳/۰۰	۷۵/۰۴	۹۲/۶۱
۳۸/۹	۱۴/۱۸	۲۹	۳۵/۹۰	۳۶/۴۵	۷۴/۵۵	۹۲/۲۹

برای بررسی مقایسه‌ای رابطه بین بارندگی و میزان رواناب در هریک از تیمارها، رابطه رگرسیونی بین آن ها تجزیه آماری شد. بر این مبنا، نتایج تجزیه رگرسیون بین استحصال آب باران در تیمارهای مختلف با شدت‌های مختلف بارندگی نشان داد که گرچه در همه تیمارها یک رابطه مستقیم و خطی میان مقدار بارش و استحصال آب وجود دارد که با افزایش مقدار بارش میزان استحصال آب در همه تیمارها افزایش دارد، اما میانگین مربعات باقی‌مانده در تیمار پلاستیک از همه کمتر بود که بیانگر تولید رواناب در شدت‌های مختلف بارنگی است (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه رگرسیون بین استحصال آب باران در تیمارهای مختلف با شدت‌های مختلف بارندگی

تیمار	مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌دار
پلاستیک با سنگفرش	رگرسیون	۱۲۸۷/۲۴۰	۱	۱۲۸۷/۲۴۰	۱۹۴۷/۴۴۳	۰/۰۰۰
	باقی‌مانده	۱۲/۵۵۹	۲۳	۰/۶۶۱		
	جمع	۱۲۹۹/۷۹۹	۲۴			
خاک کوبیده با کاه	رگرسیون	۲۰۴۶/۲۹۰	۱	۲۰۴۶/۳۹۰	۱۸۸/۶۱۵	۰/۰۰۰
	باقی‌مانده	۲۲۷/۸۳۰	۲۳	۱۰/۸۴۹		
	جمع	۲۲۷۴/۱۲۰	۲۴			
شاهد	رگرسیون	۲۰۴۶/۲۹۰	۱	۲۰۴۶/۳۹۰	۱۸۸/۶۱۵	۰/۰۰۰
	باقی‌مانده	۲۲۷/۸۳۰	۲۳	۱۰/۸۴۹		
	جمع	۲۲۷۴/۱۲۰	۲۴			

همچنین، رابطه رگرسیون خطی بین رواناب و بارندگی نیز در جدول ۳ درج شده است. بر این مبنا، P و R به‌ترتیب معرف میزان بارندگی ارتفاع رواناب (میلی‌متر) هستند. در هر سه تیمار، رابطه معنی‌دار و با ضریب قوی به‌دست آمد، اما میزان خطای استاندارد برای تیمار پلاستیک کمتر بود. مقایسه ضرایب (B) تیمارها نشان می‌دهد که:

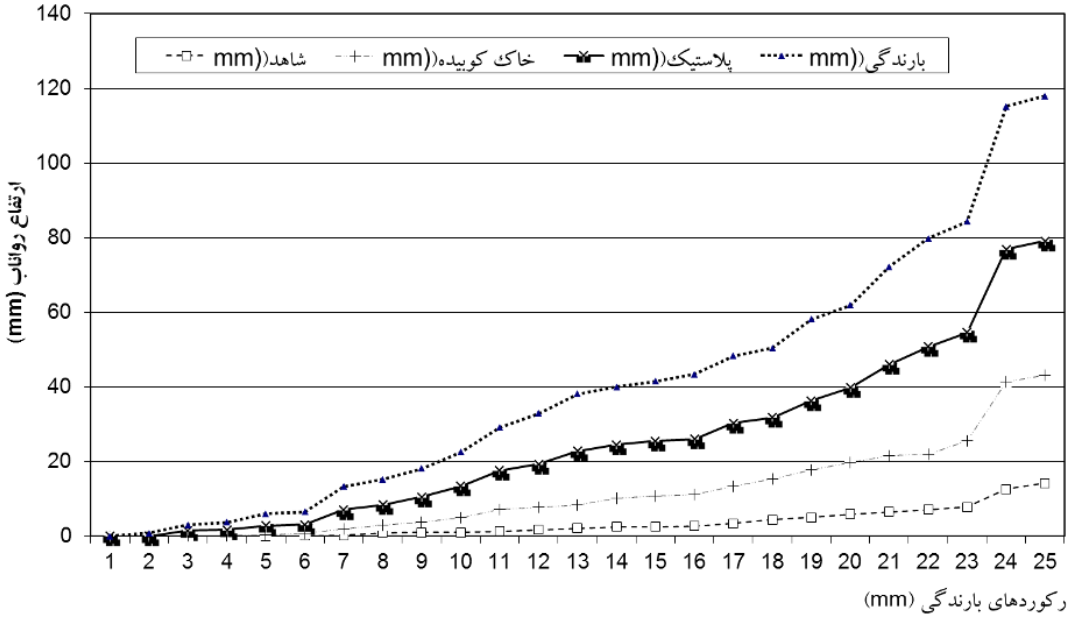
- منفی بودن ضریب معادله رگرسیونی در تیمار شاهد بیانگر نیاز به بارش موثر بیشتری برای ایجاد رواناب است.
- در تیمار پلاستیک این ضریب نیز منفی است، اما مقدار آن به مراتب کمتر از تیمار شاهد است.
- در تیمار خاک کوبیده با کاه هر دو ضریب معادله مثبت و بزرگ‌تر از تیمارهای دیگر است. دلیل این امر، ذخیره مقدار بارش در لایه خاک و کاه است. به‌عبارت دیگر، در این تیمار برای ایجاد رواناب نیاز به بارش موثر بیشتری نسبت به دو تیمار دیگر وجود دارد.

جدول ۳- رابطه و ضرایب معادله رگرسیون بین مقدار بارش و ارتفاع رواناب در تیمارهای مختلف

مدل	ضریب غیر استاندارد		ضریب همبستگی	t	درصد احتمال	معادله رگرسیون* *
	B*	خطای استاندارد				
پلاستیک	-۰/۷۵۲	۰/۳۲۷		-۲/۳۰۲	۰/۰۳۳	*R= -0.752+0.957 P*
باران	۰/۹۵۷	۰/۰۲۲	۰/۹۹۵	۴۴/۱۳۰	۰/۰۰۰	
خاک کوبیده	۳/۹۱۰	۱/۰۳۳		۳/۷۸۶	۰/۰۰۱	*R=3.810+1.367 P*
باران	۱/۳۶۷	۰/۱۰۰	۰/۹۴۹	۱۳/۷۳۴	۰/۰۰۰	
شاهد	-۱/۵۱۱	۰/۵۳۹		-۲/۸۰۱	۰/۰۱۰	*R= -1.511+ 0.315 P*
باران	۰/۳۱۵	۰/۰۲۸	۰/۹۲۱	۱۱/۰۷۸	۰/۰۰۰	

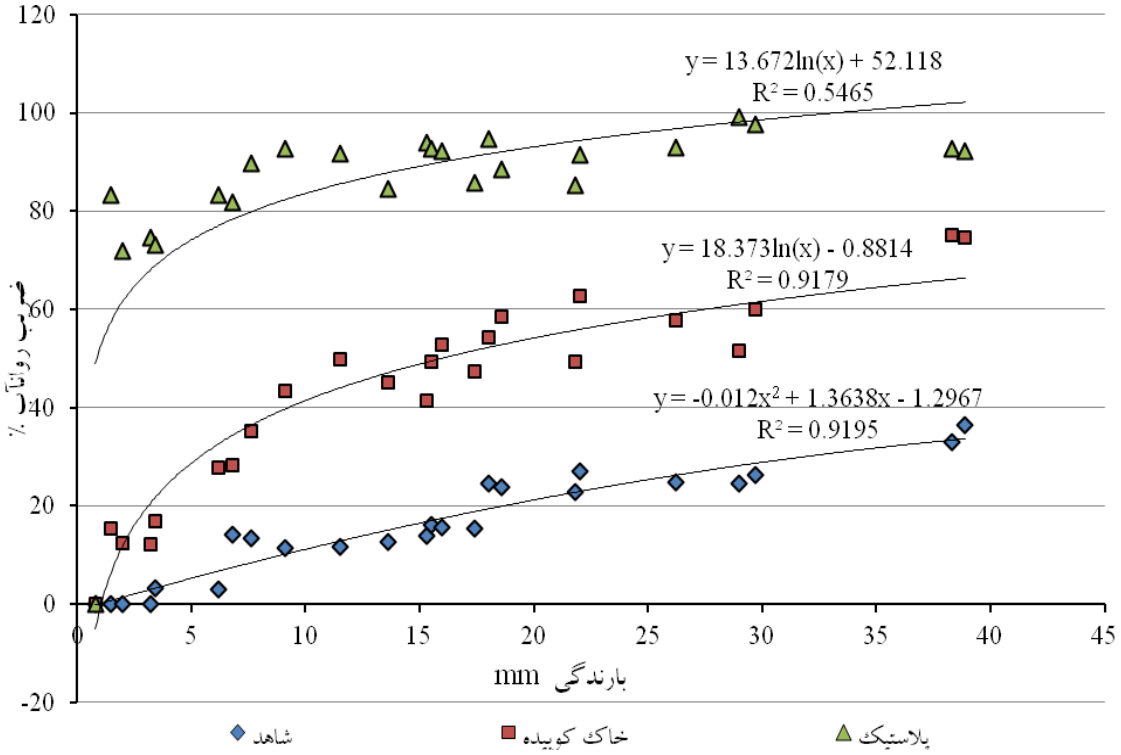
B* ضرایب معادله رگرسیون، R مقدار رواناب (mm) و P مقدار بارش (mm)

نمودار خطی رابطه بین مقدار بارش رخ داده و میزان رواناب اندازه‌گیری شده ترسیم شد (شکل ۴). این رابطه بیانگر بیشترین استحصال آب باران مربوط در تیمار سطح سخت (پلاستیک با سنگفرش) است و سامانه شاهد (سطح طبیعی خاک) دارای کمترین توان استحصال رواناب تولیدی از باران است. همچنین، تیمار سطوح نیمه‌سخت (خاک کوبیده شده با کاه) دارای ظرفیت متوسط استحصال آب باران را دارد.



شکل ۴- مقایسه ارتفاع بارش با ارتفاع رواناب تولید شده در تیمارهای مختلف

رابطه بین بارندگی و ضریب رواناب در دو سامانه با پوشش خاک کوبیده و پلاستیک، لگاریتمی با نرخ افزایشی و ضریب تبیین به‌ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۵۴ است (شکل ۵). این رابطه، در سامانه شاهد به‌صورت تابع چندجمله‌ای درجه دو و ضریب تبیین ۰/۹۲ است. در مقادیر بارندگی تجمعی کمتر از یک میلی‌متر، در کلیه سطوح آبگیر، حتی در سطوح سخت، روانابی تولید نشد. در سطوح شاهد، آستانه رواناب حدود ۳/۵ میلی-متر است. ضریب رواناب ۷۲ درصد برای سطح پلاستیک (در مقادیر کمتر بارندگی) نشان داد که در این مقادیر بارندگی حدود یک چهارم تا یک پنجم از رگبارش صرف تبخیر از سطح می‌شود. اما در مقادیر بالاتر باران این سهم از اتلاف رواناب ناچیزتر خواهد شد. تفاضل رواناب تولیدی بین تیمارها کاملا وابسته به مقدار رگبارش بود. نرخ افزایش ضریب رواناب برای تیمار پلاستیک بیشترین میزان و برابر ۱/۶۴ درصد به ازاء هر یک میلی‌متر افزایش بارندگی است. در حالی که این نرخ برای پوشش خاک کوبیده و شاهد به-ترتیب برابر ۰/۸۹ و ۰/۹۲ درصد به ازاء هر میلی‌متر افزایش بارندگی است. نکته جالب توجه دیگر آن است که هر چه سطح جمع‌آوری سخت‌تر می‌شود نرخ تغییرات ضریب رواناب با ارتفاع بارش فرم لگاریتمی به‌خود گرفته، نرخ افزایش با یک شیب تند آغاز و به یک مقدار حدی یا مرز مجانب می‌شد. به‌عبارت دیگر، در مقادیر بالای بارندگی ضریب رواناب به کمیت‌های یاد شده تمایل یافته، در مقادیر بیشتر رگبارش هم در همین حد باقی می‌ماند. اگرچه یافتن این مرز بسیار وابسته به شدت بارندگی است. اما بر اساس داده‌های این طرح این مرز از نظر ریاضی، در سطوح سخت و نیمه‌سخت، به‌ترتیب ارقام حدود ۹۲ و ۷۵ درصد بود.



شکل ۵- مقایسه مقدار بارش با ضریب رواناب سطوح مختلف جمع‌آوری آب باران

مسائل قابل توجه در بررسی رابطه بین بارش و رواناب، وجود یک حد آستانه شروع ایجاد رواناب برای یک واقعه مشخص بارندگی است. اگرچه آستانه شروع رواناب بستگی به ویژگی‌های بارش از قبیل شدت، رطوبت پیشین و ویژگی‌های فیزیکی سطح تولید کننده رواناب دارد. پژوهش حاضر نشان داد که حد آستانه بارندگی برای شروع رواناب به‌ترتیب برای سطوح آبگیر سخت (پلاستیک همراه با سنگفرش)، نیمه‌سخت (خاک کوبیده همراه با کاه) و تیمار شاهد طبیعی برابر ۰/۸، ۱/۵ و ۳/۵ میلی‌متر است و درصد ضریب تولید رواناب این سطوح به‌ترتیب برابر ۵۰، ۱۵/۳۳ و ۳/۲۴ است. تحقیقات Hudson (۱۹۸۷)، میزان این آستانه را در سطح جمع‌آوری طبیعی و زمین دست نخورده، متوسط پنج میلی‌متر برای واقعه بارندگی تعیین می‌کند. همچنین، نتایج سایر پژوهشها نشان دادند، حد آستانه بارندگی روزانه برای شروع رواناب به‌ترتیب برای سطوح آبگیر عایق، نیمه‌عایق و طبیعی برابر ۲/۵، ۳/۵ و ۴/۴ میلی‌متر و درصد ضریب تولید رواناب این سطوح به‌ترتیب برابر ۴۱/۱۷، ۱۰/۵۸ و ۱/۷۴ برای دوره زمانی فروردین الی آبان ماه است (Mehdizadeh Youshanloe و Roghani، ۲۰۱۶).

مهمترین موضوع در پژوهش حاضر، تحلیل رابطه مقدار بارش با میزان تولید رواناب با توجه به نوع تیمارها و توزیع زمانی آن از نگاه تولید آب است. معمولا در مناطق نیمه‌خشک منطقه زاگرس و از جمله استان کرمانشاه، تنش‌های خشکی در ارتباط با نیاز آبی مربوط به فصل تابستان است که از یک‌سو بارش وجود نداشته، از سویی دما افزایش می‌یابد. در این دوره، رطوبت ذخیره شده در لایه‌های خاک (حاصل از سامانه‌های استحصال رواناب) نقش خود را در مقابله با تنش‌های خشکی ایفا می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین رواناب ایجاد شده به‌ترتیب مربوط به سامانه سطوح عایق سخت (پلاستیک با سنگفرش)، نیمه‌سخت (خاک کوبیده شده با کاه) و تیمار شاهد است. همچنین، تیمار پلاستیک دارای بالاترین ضریب رواناب است و بیشینه طول عمر مفید تیمارها مربوط به پلاستیک با سنگفرش است. این نتایج موافق با نتایج بسیاری از محققین از جمله تحقیقات Mehdizadeh Youshanloe و Roghani (۲۰۱۶) و Shahini (۲۰۰۳) است. به‌طوری‌که نتایج مشابه این پژوهش توسط Niknezhad و همکاران، (۲۰۱۵) در منطقه نیمه‌خشک عون‌ابن‌علی (آذربایجان

شرقی) تحت عنوان بررسی عملکرد سامانه‌های مختلف سطوح آبگیر باران در تولید رواناب انجام شد که نتایج آن نشان داد که بیشترین تولید رواناب مربوط به تیمار پوشش نایلون با رویه لاشه‌چین است و این روش را به‌عنوان گزینه مناسب برای استحصال آب معرفی می‌کند.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، قابلیت سامانه‌های سطوح آبگیر پلاستیک، در استحصال بارش‌های اندک است به‌طوری که حد آستانه شروع ایجاد رواناب در این سامانه ۰/۸ میلی‌متر با ضریب رواناب ۵۰ درصد است. نتایج مشابه پژوهش‌های Rezaei (۲۰۱۲) در زنجان و Mehdizadeh و Namaki (۲۰۱۴) در ارومیه نشان داد که آستانه بارندگی برای شروع رواناب ۲/۶ میلی‌متر و درصد ضریب رواناب ۵۷ است. همچنین، نتایج پژوهش Shahini (۲۰۰۳) بیانگر تاثیر به‌کارگیری سطح عایق به‌ویژه در بارش‌های اندک است و این موضوع در بهره‌برداری بهینه از نزولات اندک در فصل خشک وکاهش تنش آبی بسیار حائز اهمیت است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، میزان رواناب حاصل از سه سامانه، سخت (پلاستیک و سنگفرش)، نیمه‌سخت (خاک کوبیده با کاه‌گل) و شاهد (طبیعی) با هم تفاوت معنی‌دار داشتند. اما واکنش آن‌ها نسبت به‌میزان بارش متفاوت است. ارزش سامانه سخت در این است که میزان آب استحصالی آن در بارش‌های اندک، به‌مراتب بیشتر به‌دست آمد. به‌طوری که تا بارش‌های کمتر از ۳/۴ میلی‌متر رواناب حاصله بیش از ۲۲ برابر تیمار شاهد است. این نسبت برای بارش‌های اندک در تیمار نیمه‌سخت پنج برابر است. بنابراین، در مواردی که نیاز به استحصال بارش‌های اندک باشد، سامانه استحصال باران از نوع سخت و کاملا عایق تاثیر مثبتی دارد. ارزش این کار برای اواخر دوره بارش و حتی رگبارهای اتفاقی فصل تابستان که گیاهان با نیاز آب و تنش خشکی مواجهند، بیشتر است. البته اهمیت رویکرد سامانه‌های سطوح آبگیر در شرایط خشکسالی برای تداوم کشت و حفظ باغات دوچندان است. با توجه به این‌که منطقه زاگرس در فصول خشک دارای بارش‌های پراکنده به‌مقدار یک تا سه میلی‌متر است، بهره‌مندی از سامانه‌های استحصال آب باران به‌ویژه سامانه سطح پلاستیک، شیوه مناسبی با قابلیت کاربردی بیشتر برای مقابله با شرایط خشکی و تنش آبی گیاهان خواهد بود. همچنین، سامانه سطح‌آبگیر سخت (پلاستیک با سنگفرش)، بستر مناسب برای جایگزینی اراضی کشاورزی کم‌بازده و رهاشده، به کشت علوفه، گیاهان دارویی و باغات دیم در شرایط خشکسالی فراهم می‌آورد که به‌نوبه خود در سازگاری با تغییرات اقلیمی و حفظ معیشت ساکنین محلی موثر خواهد بود.

منابع مورد استفاده

1. Brook, K.N., P.F. Ffolliott, J.A. Magner. 2003. Hydrology and the management of watersheds. Wiley, Blackwell.
2. Cartaud, F., N. Touze-Foltz and Y. Duval. 2005. Experimental investigation of the influence of a geotextile beneath the geomembrane in a composite liner on leakage through a hole in the geomembrane. Geotextiles and Geomembranes, 23(2): 117– 143.
3. Critchley, W. 1987. Water Harvesting. FAO.
4. Evenari, M. 1975. Fields and pastures in deserts, edited by the management of the experimental FARM Wadi Mashash' (M. Evenari, U. Nessler, A. Rogel, and O. Schenk). Darmstandt: Eduard Roether.
5. Hudson, N. 1987. Soil and water conservation in semi-arid areas. FAO, Soil Resources Management and Conservation Service.
6. Mehdizadeh Youshanloe, M. and M. Roghani. 2016. Investigation of operation of isolated, semi-isolated and natural surfaces in rainfall- runoff process of water harvesting system, case study: Khorramabad station. Watershed Engineering and Management. Volume 7, Issue 4, (in Persian).
7. Mehdizadeh, M. and S.M. Namaki. 2014. Investigation of operation of isolated, semi-isolated and natural surfaces in rainfall-runoff process. 2nd National Conference on Rainwater Catchment Systems, Mashhad, Iran (in Persian).

8. Niknezhad, D., M. Roghani, A. Nasseri, J. Yarahmadi, K. Mehrvarz and M.E. Sadegzadeh. 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. Volume 7, Issue 2 (in Persian).
9. Oweis, T., D. Prinz, A. Hachum. 2001.Water Harvesting International Center for Agricultural Research in the Areas (ICARDA).
10. Oweis, T., A. Hachum and J. Kijne. 1999. Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas. SWIM Paper 7 Colombo, International Water Management Institute:Sri Lanka.
11. Rezaei, A. 2012. Investigation of operation of isolated, semi-isolated and natural surfaces in rainfall-runoff process of water harvesting system. Final Report of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 27 pages (in persian).
12. Shahini, Gh. 2003. Basin-level optimization systems by increasing moisture retention in soil profiles in the Golestan provice. Final Report of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 68 pages (in Persian).
13. Stroosnijder, L. and W.B. Hoogmoes. 1984. Crust formation on standy soils in the Sahel: II. Tillage and its effect on the water balance. In: Soil and Tillage research, 4: 321-337.