تعیین ضریب رواناب سطوح مختلف آبگیر به منظور استحصال آب باران در مناطق کم باران

داود نیک‌نژاد[۱] ابوالفضل ناصری[۲]

۱- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی

۲- دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲

چکیده

گرم شدن زمین و تغییر اقلیم در سال‌های اخیر منجر به تغییر در الگوی بارش شده است. اکثر بارش‌ها به جای برف به صورت بارندگی اتفاق می‌افتد که بدون استفاده مناسب و معمولاً به صورت رواناب یا سیلاب از دسترس خارج می‌شود. بنابراین استفاده بهینه از آب باران به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت خاصی برخوردار است. برای این منظور با ایجاد سطوح آبگیر دارای تولید رواناب بالا و ذخیره‌سازی آن می‌توان نیاز آبی گیاهان و درختان جنگلی را در فصول کم آب تأمین نمود. در این خصوص سه تیمار انتخاب و برای هر کدام از تیمارها سه تکرار در نظر گرفته شد. این تیمارها شامل سطح طبیعی، سطح طبیعی با پوشش شنی و سطح پلاستیک با پوشش شنی بودند. هر کدام از کرت‌های آزمایش به شکل مربع و دارای مساحت چهار متر مربع بودند که در اراضی شیبدار با شیب متوسط ۱۸ -۱۱/۵ درصد احداث گردیدند. نتایج حاصل از ۱۶ مورد بارندگی نشان داد که رواناب حاصل از سطح طبیعی با پوشش شنی، سطح طبیعی دست نخورده و سطح پلاستیک با پوشش شنی بترتیب ۷ ، ۱۲ و ۴۸ درصد بارندگی می‌باشد. برای تیمارهای مذکور آستانه شروع رواناب به ترتیب ۴/۴، ۳/۵ و ۲/۷ میلی‌متر بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس بین تیمارها نشان داد که رواناب حاصل از بارش در تیمارهای مختلف در سطح احتمال کمتر از یک درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند که با توجه به مقایسه میانگین‌ها، تیمار سطح پلاستیک با پوشش شنی با تولید ۴۸ درصد رواناب و ۲/۷ میلی‌متر آستانه شروع رواناب به عنوان یک گزینه مناسب در استحصال آب باران در این مطالعه معرفی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: استحصال آب باران، بارندگی، پلاستیک، شن بادامی، رواناب

مقدمه

اراضی شیب‌دار و کوهستانی مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل کمبود باران معمولا بدون پوشش گیاهی و یا دارای پوشش گیاهی ضعیف می‌باشند. این اراضی به دلیل لخت بودن در معرض فرسایش و تخریب قرار دارند که در صورت مدیریت بهینه از منابع آب و خاک می‌توان تا حدودی مشکلات مذکور را برطرف نمود. ایجاد پوشش گیاهی و جنگل‌کاری در این گونه اراضی می‌تواند مانع از فرسایش و تخریب خاک شود. لازمه این کار وجود آب است که در صورت تأمین و مدیریت بهینه مصرف آن می‌توان پوشش گیاهی و جنگلی را افزایش داد. آب باران یکی از منابعی است که می‌تواند بخشی از آب مورد نیاز گیاهان را تأمین نماید. اما چگونه می‌توان آب باران را در مواقع کم آبی در اختیار گیاهان قرار داد. استفاده از سطوح آبگیر باران مثل سطوح سنگی که در بعضی مناطق به صورت طبیعی وجود دارد و یا سطوح آبگیر مصنوعی که می‌توان با کم نفوذ یا غیرقابل نفوذ کردن سطح با استفاده از پوشش‌های عایق و محافظ مانند قیر، اسفالت، نایلون، ژئوممبران، بتن، سنگریزه و لاشه‌سنگ، کاهگل و یا تلفیقی از آنها، رواناب ناشی از بارندگی بر روی این سطوح را در مخازن جمع‌آوری نمود و در مواقع کم‌آبی که گیاه دچار تنش آبی است با استفاده از روش‌های نوین آبیاری همچون آبیاری قطره‌ای، کوزه‌ای و زیرسطحی، آب را به صورت بهینه و کنترل شده در اختیار گیاه قرار

[۱] نویسنده مسئول: (داود نیک‌نژاد) Niknezhad2005@yahoo.com

داد. سوال اصلی که در این پژوهش مطرح می‌شود این است که آیا می‌توان با ایجاد سطوح آبگیر باران بیشترین مقدار رواناب را تولید، و از رواناب آستحصال شده می‌توان بخشی از آب مورد نیاز گیاهان و درختان را در فصول کم‌آبی به عنوان آبیاری تکمیلی تأمین نمود. این امر در صورت تحقق، می‌تواند در تأمین نیاز آبی گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک که از بارندگی کمی برخودارند مؤثر باشد. این همان فرضیه‌ای است که ما در صدد تحقق آن هستیم یعنی اینکه با ایجاد بهترین نوع سطح آبگیر بتوان رواناب ناشی از بارندگی را از آن استحصال کرد.

در حال حاضر استفاده از سطوح نفوذناپذیر در سطح سامانه، به منظور افزایش تولید رواناب مورد توجه محققین کشورها قرار گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که به کارگیری مالچ سنگ‌ریزه‌ای، ضمن حفاظت از فرسایش، نقش مهمی در استحصال آب باران، کاهش تبخیر و نگهداشت حاصلخیزی خاک داشته است و در حال حاضر در ۱۱۸ هزار هکتار اراضی استان گانزو در چین مورد استفاده قرار گرفته است (Li, 2000). استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی در بسیاری از مناطق خشک با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور آب باران از اراضی مجاور جمع‌آوری و ذخیره می‌شود و در زمان کمبود آب به مصرف گیاه می‌رسد (Laura, 2004). سیستم‌های سطوح آبگیر طوری طراحی می‌شوند تا رواناب حاصل از سطح آبخیز با مساحت چند متر مربع را به پای گیاه هدایت نموده تا پس از نفوذ و ذخیره آن در ناحیه ریشه، به مصرف گیاه برسد. روش سطوح آبگیر کوچک، به طور معمول برای کاشت درخت استفاده می‌شود و مشخصه آن ورود مستقیم آب از یک سطح آبگیر نسبتاً کوچک به پای ریشه گیاه می‌باشد (Oweis et al., 1999). در ارتباط با استحصال آب باران از طریق استفاده از مواد مختلف، نظیر مواد شیمیائی تاکنون فعالیت‌های مختلفی صورت گرفته است. استفاده از نایلون به لحاظ تخریب سریع آن تا حدودی مشکل بوده لیکن امروزه وجود نایلون‌های گلخانه‌ای و یا حفاظت از آنها به وسیله پوشش‌های سنگریزهای رواج داشته و طول عمر آنها در بعضی مراجع تا ۲۰ سال نیز گزارش شده است (Hudson, 1987). در همین ارتباط استفاده از پوشش سنگریزه‌ای در حفاظت از پلاستیک موفقیت آمیز بوده است (Facknath & Lalljee, 1999). شاهینی (۱۳۸۲) گزارش نموده که شکل هندسی سطوح آبگیر و نوع پوشش سطح آنها نظیر زمین طبیعی و پوشش عایق (لایه پلاستیکی) در عمق رواناب تولیدی به ویژه سطوح عایق در بارش‌های با مقدار کم مؤثر می‌باشد. در این طرح حجم رواناب تولید شده در محل کاشت نهال‌های زیتون برای سامانه‌های با سطح پوشش نایلونی سه برابر بارش سالانه منطقه (حدود ۳۴۰ میلی‌متر) می‌باشد (شاهینی و آسیایی، ۱۳۹۲).

در پژوهشی که در ایستگاه پخش سیلاب قره‌چریان از توابع استان زنجان صورت گرفت. حد آستانه بارندگی برای شروع رواناب برای سطوح پلاستیک با سنگریزه، سنگریزه و سطح طبیعی به ترتیب در حدود ۲/۱، ۳ و ۵ میلی‌متر و درصد ضریب رواناب متناظر با آنها ۳۴/۹۳، ۳/۸۱ و ۰/۶۸ درصد برای دوره زمانی اردیبهشت الی آبان ماه هر سال بود. در این پژوهش شیب زمین ۲۵ -۱۵ درصد و ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵×۴ متر (۳۰ متر مربع) بود (رضایی، ۱۳۹۱). مشابه همین پژوهش که در فاصله ۳۰ کیلومتری از جنوب شرقی ارومیه در ایستگاه خرم‌آباد صورت گرفت سطوح آبگیر باران به ابعاد ۶×۵ متر با تیمارهای سطح عایق، نیمه عایق و طبیعی بر روی شیب ۱۵-۱۲ درصد ایجاد شد. نتایج نشان داد که حد آستانه بارندگی روزانه برای شروع رواناب برای سطوح آبگیر عایق، نیمه عایق و طبیعی به ترتیب در حدود ۲/۵، ۳/۵ و ۴/۴ میلی‌متر و درصد ضریب رواناب متناظر با آنها ۴۱/۱۷، ۱۰/۵۸ و ۱/۷۴ درصد برای دوره زمانی فروردین الی آبان ماه هر سال می‌باشد (مهدی‌زاده و نمکی، ۱۳۹۲). نتایج حاصل از پژوهش صورت گرفته در استان آذربایجان شرقی نشان می‌دهد که حد آستانه شروع رواناب برای سطح طبیعی دست نخورده، سطح طبیعی با پوشش لاشه‌چینی و سطح پلاستیک با پوشش لاشه‌چینی به ترتیب برابر ۵/۳، ۴/۷ و ۲/۶ میلی‌متر و ضریب رواناب برای تیمارهای مذکور به ترتیب برابر ۲۰، ۱۳ و ۵۷ درصد می‌باشد و در هشت ماهه اول سال حجم رواناب استحصالی از یک متر مربع سطح طبیعی دست نخورده ۳۰ لیتر، سطح طبیعی با پوشش لاشه‌چینی ۱۶ لیتر و سطح پلاستیک با پوشش لاشه‌چینی ۹۰ لیتر بود (نیک‌نژاد، ۱۳۹۳). کرت‌های سطوح عایق دارای ضریب رواناب بالایی است و در مقایسه با

سطوح نیمه عایق ۲۳ برابر بیشتر رواناب تولید می‌کند (کدخداپور، ۱۳۹۱). پژوهش دیگری که در خصوص استحصال آب باران صورت گرفت سه نوع سامانه آبگیر برای این منظور در نظر گرفته شد که شامل سطح پوشش پلاستیک سنگ‌فرش شده، خاک کوبیده شده همراه با کاه و سطح طبیعی دست نخورده بودند. در این پژوهش بیشترین رواناب ایجاد شده مربوط به پوشش پلاستیک سنگ‌فرش شده و کمترین آن مربوط به سطح طبیعی یا شاهد است و بیشترین طول عمر مفید مربوط به پوشش پلاستیک سنگ‌فرش‌شده می‌باشد. بنابراین در مناطقی که بارش‌های پراکنده در دوره خشکی وجود دارد بهترین گزینه جهت افزایش رطوبت خاک استفاده از پوشش پلاستیک سنگ‌فرش شده می‌باشد (قیطوری، حشمتی و روغنی، ۱۳۹۱). تحقیق صورت گرفته در مرکز استان چهار محال بختیاری که پنج کیلومتری شهرکرد قرار دارد نشان می‌دهد متوسط حجم رواناب سالانه تولید شده از هر متر مربع عایق پلاستیکی با پوشش سنگ‌ریزه‌ای ۶۷ لیتر می‌باشد این یافته نشان می‌دهد که استفاده از سطوح عایق می‌تواند نقش مهمی در استحصال آب باران و جمع‌آوری حجم آب کافی در راستای اهداف مختلف آبخیزداری در شرایط خشکسالی و بحران آب و کاهش فشار بر روی منابع آب سطحی و زیرزمینی ایفا نماید (نکویی‌مهر، ۱۳۹۲). در کشور کنیا برای استحصال آب باران از سطوح حاصل از بیرون‌زدگی سنگی استفاده می‌شود. تنها در منطقه موسوم به Kitui در این کشور ۴۰۰ منبع ذخیره رواناب ناشی از بیرون‌زدگی‌های سنگی احداث شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند (Nissen-petersen, 2006). ساخت اراضی جمع‌آوری آب باران و انبار ذخیره آب، ترکیب شده با تکنیک‌های آبیاری قطره‌ای و تراوشی جهت ایجاد یک سیستم بهره‌برداری کارا از بارندگی، کارائی این سیستم می‌تواند در ناحیه با بارش سالیانه ۴۵۰ میلی‌متر، ۶۷ درصد برسد. این سیستم با میدان جمع‌آوری به وسعت ۱۵۴ متر مربع و انبار آب با گنجایش ۲۰ متر مکعب، آب آشامیدنی ۷-۵ نفر، یا آب مورد نیاز ۰/۰۶۷ هکتار باغ میوه را در کشور چین فراهم کند (Li & Zhang, 1997).

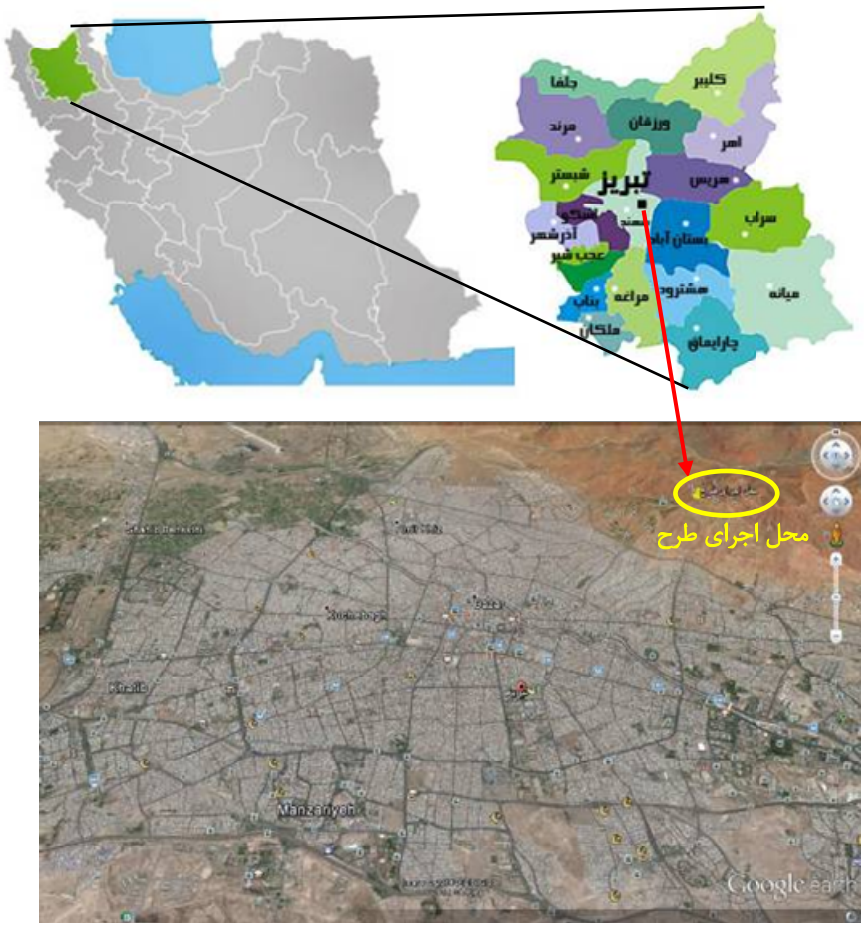
هدف نهایی از اجرای این طرح بررسی عکس‌العمل سطوح مختلف آبگیر در تولید رواناب ناشی از باران می‌باشد تا بر اساس نتایج حاصل از آن به توان مناسب‌ترین سطح آبگیر را که بیشترین مقدار رواناب را ایجاد نماید در این طرح برای استحصال آب باران معرفی نمود. با استفاده از این روش در دوره مرطوب می‌توان رواناب حاصل از سطوح آبگیر، آب باران را ذخیره و در دوره خشک که گیاه دچار تنش آبی می‌شود به صورت آبیاری تکمیلی و با استفاده از روش‌های نوین آبیاری در اختیار گیاه قرار داد. شیب‌دار بودن اراضی این مزیت را خواهد داشت که آب دخیره شده در مخازن را می‌توان با استفاده از انرژی ثقلی بودن استفاده از انرژی الکتریکی و پمپاژ و از روش‌های کم‌فشار آبیاری نوین به پای گیاهان و درختان رساند. این مسئله در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران همچون استان آذربایجان شرقی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و تحقیق در این زمینه لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

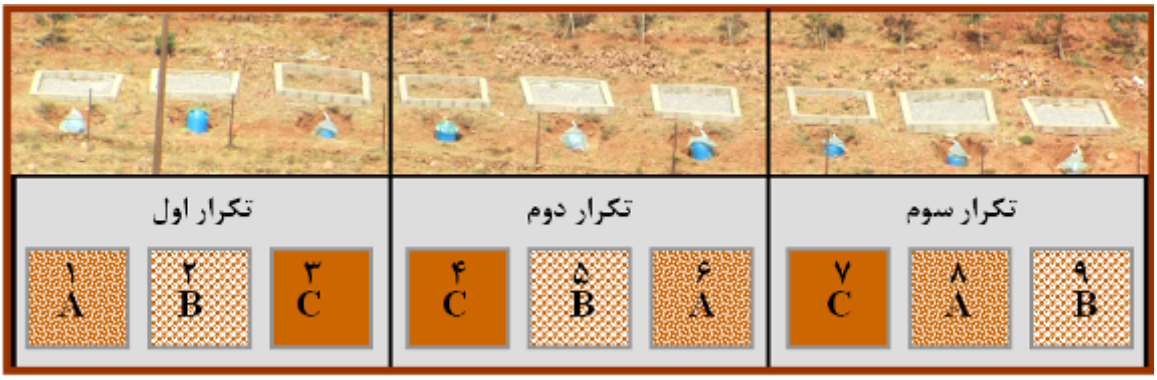
محل اجرای طرح در قسمت شمالی شهر تبریز و در بلندی‌های عون‌ابن‌علی با ارتفاع ۱۸۱۷ متر از سطح دریا واقع شده است. از نظر جغرافیایی در مختصات "۳۸°,۶',۵ عرض شمالی و "۴۶°,۲۰',۵ طول شرقی قرار دارد. این منطقه از نظر اقلیمی جزو مناطق نیمه خشک بشمار می‌آید و متوسط بارش سالیانه در نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل اجرای طرح (فرودگاه تبریز) ۲۸۴/۵ میلی‌متر است. بافت خاک محل، متوسط و از نوع لومی و لومی رسی شنی می‌باشد. شکل (۱) موقعیت اجرای طرح را بترتیب در سطح کشور و استان بر روی نقشه و در شهر تبریز بر روی تصویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد.

جهت اجرای این طرح سه نوع سامانه سطح آبگیر برای استحصال آب باران انتخاب شد و برای هر کدام از آنها سه تکرار در نظر گرفته شد. شکل این سامانه‌ها به شکل مربع و مساحت هر کدام از آنها چهار مترمربع بود. با این حساب سه تیما و سه تکرا وجود خواهد داشت و در مجموع نه عدد کرت مربعی شکل در کنار هم در یک ردیف و با فواصل نیم متر از همدیگر قرار خواهند گرفت. دور کرت‌ها از بلوک‌های بتونی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر محصور گردید و درزهای

آنها با سیمان آبندی شد. شکل (۲) نقشه اجرای طرح را که بر اساس طرح بلوک کاملاً تصادفی پیاده گردیده است نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت محل اجرای طرح



شکل (۲): نقشه اجرای طرح (A: سطح طبیعی با پوشش شن B: سطح پلاستیک با پوشش شن C: سطح طبیعی)

همان طوری که ذکر گردید. در این طرح سه تیمار در نظر گرفته شده است که شامل سطح طبیعی دست‌نخوره، سطح طبیعی با پوشش شنی و سطح پلاستیک با پوشش شنی می‌باشند. تیمار سطح طبیعی، زمین طبیعی

دست‌نخورده بوده و هیچ تغییری در سطح زمین ایجاد نشده است. شکل (۳) تیمار مذکور را به همراه مخزن جمع‌آوری رواناب نشان می‌دهد.

شکل (۳): تیمار سطح طبیعی به همراه مخزن ذخیره رواناب

در تیمار سطح طبیعی با پوشش شن ابتدا سطح زمین بوته تراشی شده سپس شن بادامی به ضخامت حدود شش سانتی‌متر بطور یکنواخت بر روی زمین پخش گردیده است شکل (۴). در تیمار پلاستیک با پوشش شنی ابتدا سطح زمین صاف گردیده و بر روی آن نایلون گلخانه‌ای پهن می‌گردد سپس شن بادامی به ضخامت حدود شش سانتی‌متر بطور یکنواخت بر روی آن پخش می‌شود شکل (۵). به منظور جمع‌آوری رواناب حاصل از بارندگی‌ها در پایین دست هر کدام از کرت‌های آزمایش و در خارج از کرت‌ها یک مخزن ۲۰۰ لیتری نصب گردید تا در موقع بارندگی، رواناب از طریق لوله انتقال به این مخازن وارد شود. برای مقایسه عمق رواناب با عمق بارندگی لازم بود یک دستگاه باران‌سنج در محل اجرای طرح نصب شود. برای این منظور از یک دستگاه باران‌سنج استوانه‌ای استفاده گردید تا بتوان عمق بارندگی را در هر واقعه اندازه‌گیری نمود شکل (۴). اندازه‌گیری رواناب‌های جمع شده به این ترتیب بود که بلافاصله بعد از وقوع هر بارندگی رواناب حاصل از آنها که در مخازن نصب شده در پایین دست کرت‌های آزمایش جمع می‌شد اندازه‌گیری می‌شد و عمق بارندگی نیز از طریق باران‌سنج استوانه‌ای قابل اندازه‌گیری بود. با معلوم شدن عمق رواناب و عمق بارندگی می‌توان ضریب رواناب را محاسبه نمود.

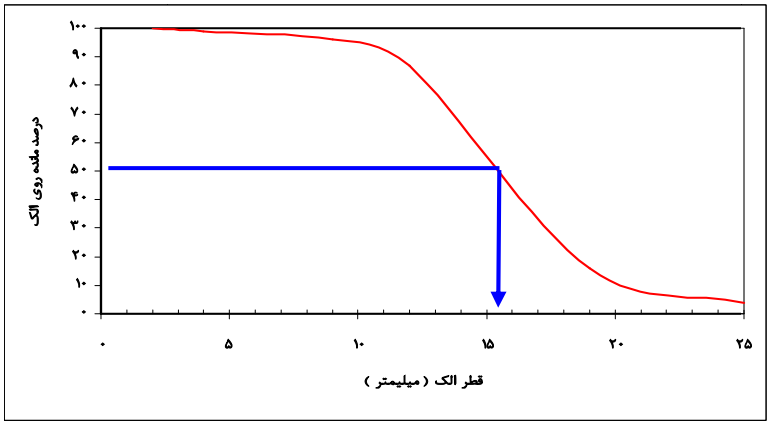
شکل (۴): تیمار سطح طبیعی با پوشش شنی به همراه باران‌سنج

شکل (۵): تیمار سطح پلاستیک با پوشش شنی به همراه مخزن ذخیره رواناب

نتایج و بحث

منحنی دانه‌بندی پوشش شنی

پوشش شنی مورد استفاده در این پژوهش از نوع بادامی بوده که توسط دستگاه سنگ‌شکن تهیه شده بود. برای بررسی اندازه دانه‌های شن، آزمایش دانه‌بندی به عمل آمد و منحنی دانه‌بندی مطابق شکل (۶) ترسیم گردید. با توجه به منحنی مذکور ملاحظه می‌شود که متوسط قطر دانه‌ها و یا بعبارتی دیگر ۵۰ درصد وزنی قطر دانه‌های شن قطر معادل ۱۵/۳ میلی‌متر دارند.

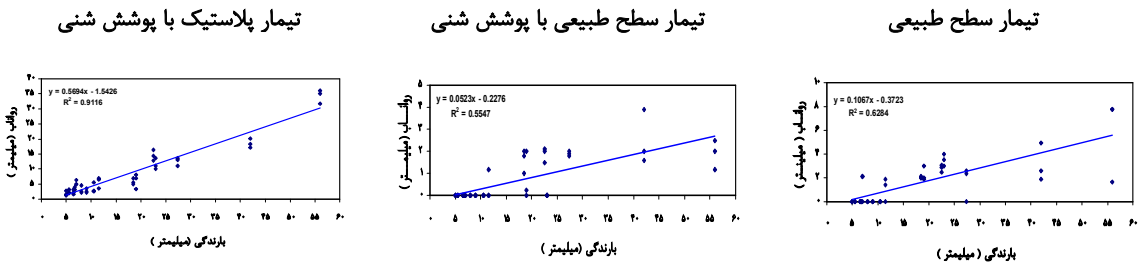


شکل (۶): منحنی دانه‌بندی شن مورد استفاده

روابط بارش- رواناب در تیمارهای مختلف

برای این منظور میزان بارندگی روزانه و رواناب متناظر با آنها در هر واقعه بارندگی اندازه‌گیری شد. تعداد بارندگی‌های صورت گرفته در طول دوره آماربرداری (۱۳۹۲/۲/۵ الی ۱۳۹۳/۹/۲) ۱۶ مورد بود که با احتساب سه تکرار برای هر تیمار ۴۸ جفت اعداد وجود خواهد داشت. با وارد کردن عمق بارندگی‌ها و رواناب حاصل از آنها به نرم‌افزار Excel نمودار خط رگرسیون و رابطه ریاضی هر کدام از تیمارها بدست می‌آید. شکل (۷) نمودارهای مربوط به هر کدام از تیمارها را به همراه معادله آنها نشان می‌دهد. چنانکه در معادلات بدست آمده به جای رواناب مقدار صفر قرار داده شود حداقل میزان بارندگی برای شروع رواناب یا بارش آستانه بدست می‌آید. جدول (۱) رابطه بارش- رواناب مربوط به هر کدام از تیمارها و مقادیر باش آستانه متناظر با آنها را نشان می‌دهد.

برای این منظور میزان بارندگی در هر واقعه و رواناب متناظر با آنها در هر واقعه بارندگی اندازه‌گیری شد. تعداد بارندگی‌های صورت گرفته در طول دوره آماربرداری (۱۳۹۲/۲/۵ الی ۱۳۹۳/۹/۲) ۱۶ مورد بود که با احتساب سه تکرار برای هر تیمار ۴۸ جفت اعداد وجود خواهد داشت. این مسئله را نیز نباید نادیده گرفت که در صورت وجود داده‌های شدت بارندگی نتایج بدست آمده دقیق‌تر می‌شد ولی بدلیل فاصله زیاد ایستگاه هواشناسی و اختلاف ارتفاع زیاد آن (حدود ۴۰۰ متر) با محل اجرای طرح، داده‌های بدست آمده از میزان بارندگی‌ها با مقادیر اندازه گیری‌شده در ایستگاه هواشناسی همخوانی نداشت به همین دلیل تنها از داده های اندازه گیری‌شده در محل اجرای طرح برای تعیین آستانه بارش استفاده گردید که با وارد کردن عمق بارندگی‌ها و رواناب متناظر با آنها به نرم افزار Excel، نمودار خط رگرسیون ترسیم و رابطه ریاضی هرکدام از تیمارها بدست آمد شکل (۷). در صورت وجود بارندگی و عدم وجود رواناب یا به عبارتی صفر بودن میزان رواناب در هر کدام از تیمار ها با توجه به معادله مربوطه می‌توان آستانه بارش برای شروع رواناب را برآورد نمود. جدول (۱) رابطه بارش- رواناب مربوط به هر کدام از تیمارها و مقادیر بارش آستانه متناظر با آنها را نشان می‌دهد.



شکل (۷): رابطه بارش- رواناب در تیمارهای مختلف

جدول (۱): رابطه بین رواناب و بارش درتیمارهای آزمایشی و بارش آستانه

تیمار های آزمایشی	بارش آستانه (میلی‌متر)	رابطه بین رواناب و بارش
سطح طبیعی با پوشش شنی	۴/۴	$R^* = 0.0523P^* - 0.2276$
سطح طبیعی دست‌نخورده	۳/۵	$R = 0.1067P - 0.3723$
سطح پلاستیک با پوشش شنی	۲/۷	$R = 0.5694P - 1.5426$

* R: عمق یا ارتفاع رواناب به میلی‌متر و P: میزان بارندگی روزانه بر حسب میلی‌متر

همان‌طوری‌که از جدول (۱) ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار بارش آستانه برای شروع رواناب مربوط به تیمارسطح طبیعی با پوشش شنی بوده که مقدار آن ۴/۴ میلی‌متر است. در حالی که در تحقیقات انجام شده در استان‌های زنجان (رضایی، ۱۳۹۱) و ارومیه (مهدی‌زاده و نمکی، ۱۳۹۲) این مقدار بترتیب ۳ و ۳/۵ میلی‌متر بود. برای تیمار سطح طبیعی در این پژوهش بارش آستانه ۵/۵ میلی‌متر بدست آمد که در استان‌های زنجان و ارومیه این مقدار بترتیب ۵ و۴/۴ میلی‌متر بود که این روند در تحقیق حاضر برعکس می‌باشد زیرا که بارش آستانه در این تحقیق برای تیمار سطح طبیعی کمتر از مقادیر بدست آمده در استان‌های زنجان و ارومیه است. علت آن احتمالا ناشی از سبک بودن بافت و نفوذپذیری بالای خاک می‌باشد و وجود موانع شنی باعث افزایش زمان تمرکز و به تبع آن افزایش فرصت نفوذ می‌شود در نتیجه بارندگی بیشتر به زمین نفوذ می‌کند و مقداری از بارندگی جذب دانه‌های شن می‌شود. در رابطه با سطح عایق با پوشش شنی که بارش آستانه در این تحقیق ۲/۷ میلی‌متر می‌باشد برای استان‌های زنجان و ارومیه این مقدار به ترتیب ۲/۱ و ۲/۵ میلی‌متر است که نسبت به مقدار بدست آمده از این پژوهش کمتر هستند. علت آن هم احتمالا

ناشی از سبک بودن بافت خاک و نفوذپذیری بالای آن در طرح حاضر است. در جدول (۱) مفهوم مقادیر مربوط به بارش آستانه این است که بارندگی‌های بیشتر از آن در تیمارهای مذکور منجر به تولید رواناب می‌شوند.

ضریب رواناب سامانه‌های سطوح آبگیر

برای این منظور ابتدا در طول دوره آماربرداری بارندگی‌های منجر به رواناب در هر کدام از کرت‌های آزمایش استخراج گردیده سپس با تقسیم عمق رواناب جمع شده در طول این دوره به مجموع عمق بارندگی‌های منجر به رواناب، ضریب رواناب بدست می‌آید. ضریب رواناب هر کدام از تیمارها نیز از میانگین ضریب رواناب تکرارهای مربوط به آن تیمار بدست می‌آید. جدول (۲) ضریب رواناب هر کدام از کرت‌های آزمایش و تیمارها را نشان می‌دهد. نتایج مندرج در این جدول نشان می‌دهد که بیشترین مقدار رواناب تولید شده مربوط به تیمار پلاستیک با پوشش شنی بوده و مقدار آن ۴۸ درصد میزان بارندگی منجر به رواناب می‌باشد در حالی که در استان‌های زنجان و ارومیه این مقدار به ترتیب ۳۴/۹۳ و ۵۸/۱۷ درصد میزان بارندگی است. در استان‌های مذکور درصد رواناب برای تیمار سطح طبیعی ۰/۶۷ و ۱/۷۴ درصد است در حالی در طرح حاضر این مقدار ۱۲ درصد بارندگی می‌باشد. برای سطح با شش سنگریزه‌ای در همان استان‌ها این مقدار به ترتیب برابر ۳/۸۱ و ۱۰/۴۱ درصد است اما در این طرح مقدار آن ۷ درصد می‌باشد.

جدول (۲): ضریب رواناب برای تیمارها و تکرارها در طول دوره آماربرداری

تیمارها	پلاستیک با پوشش شن			سطح طبیعی دست‌نخورده			سطح طبیعی با پوشش شن		
تکرار	اول	دوم	سوم	اول	دوم	سوم	اول	دوم	سوم
شماره کرت	۲	۵	۹	۳	۴	۷	۱	۶	۸
شیب (درصد)	۱۴	۱۵	۱۱/۵	۱۴	۱۲	۱۱/۵	۱۸	۱۳	۱۴
مجموع بارندگی منجر به رواناب (mm)	۲۷۸/۱	۲۷۸/۱	۲۷۸/۱	۱۳۵/۵	۲۰۴/۴	۲۰۷/۹	۱۳۹/۰	۱۷۰/۹	۱۳۲/۴
مجموع رواناب (mm)	۱۴۸/۹	۱۳۲/۶	۱۱۹/۴	۱۱/۲	۲۹/۷۱	۲۴/۸۵	۸/۷	۷/۸	۱۲/۴
ضریب رواناب	۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۹
متوسط ضریب رواناب		۰/۴۸			۰/۱۲			۰/۰۷	

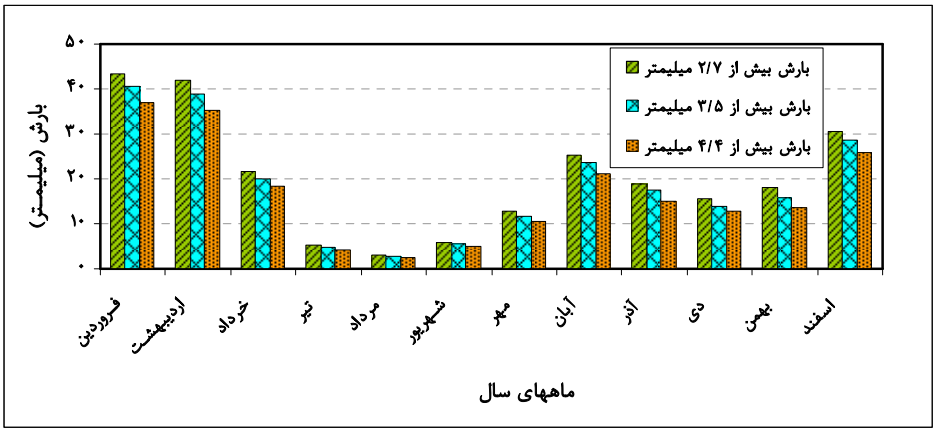
محاسبه عمق و حجم رواناب قابل ذخیره

برای این منظور از آمار بلند مدت ۶۰ ساله (۱۳۸۹ – ۱۳۳۰) ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه تبریز که در هشت کیلومتری محل اجرای طرح قرار گرفته، استفاده شده است. بر اساس این آمار ابتدا باید عمق و فراوانی متوسط بارش‌های سالانه منجر به رواناب که مقدار آنها بیش از بارش آستانه در تیمارهای مختلف می‌باشد استخراج و سپس با توجه به مقادیر بارش و ضریب رواناب، عمق رواناب را تعیین نمود. فراوانی متوسط سالانه بارش‌های صورت گرفته بر اساس آمار بلند مدت ۷۷ مورد با میزان بارندگی ۲۸۴/۵ میلی‌متر می‌باشد اما بارش‌هایی که در تیمارهای مختلف رواناب تولید نموده است فراوانی و مقدار سالانه آنها در جدول (۳) ارائه شده است. بارش‌های ماهانه بیش از بارش آستانه نیز برای تیمارهای مختلف در هر ماه از آمار بلند مدت استخراج گردیده و نمودار ستونی آن در شکل (۸) نشان داده شده است. با توجه به اینکه بارش‌های از نوع باران در منطقه اجرای طرح معمولا در هشت ماه اول سال رخ می‌دهد بر اساس عمق بارندگی در شکل (۸) و با معلوم بودن ضریب رواناب می‌توان عمق رواناب قابل ذخیره را برای مدت مذکور محاسبه نمود که نتایج آن در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۳): میزان بارش و فراوانی سالانه منجر به رواناب در تیمارهای مختلف

	سطح پلاستیک با پوشش شن	سطح طبیعی دست‌نخورده	سطح طبیعی با پوشش شن
حد بارش آستانه (mm)	بیش از ۲/۷ میلی‌متر	بیش از ۳/۵ میلی‌متر	بیش از ۴/۴ میلی‌متر
فراوانی سالانه	۳۲	۲۵	۲۰
جمع بارش سالانه (mm)	۲۴۲	۲۲۳	۲۰۱

با توجه به شکل (۸) بیشترین مقدار رواناب برای هر سه تیمار در ماه‌های فروردین و اردیبهشت صورت می‌گیرد و تیمار سطح پلاستیک با پوشش شنی نسبت به تیمارهای دیگر بیشترین مقدار رواناب را تولید می‌نماید که مقدار آن در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به ترتیب برابر ۲۰/۷۵ و ۲۰/۱۷ میلی‌متر است. کمترین مقدار رواناب مربوط به مرداد ماه می‌باشد که مقدار آن برای تیمار سطح پلاستیک با پوشش شن ۱/۴۳ میلی‌متر است. با معلوم بودن مساحت سطح آبگیر و عمق رواناب می‌توان حجم رواناب را محاسبه نمود. این مقدار برای هر کدام از ماه‌های سال در هشت ماهه اول در یک متر مربع محاسبه و برای تیمارهای مختلف در جدول (۵) ارائه شده است.



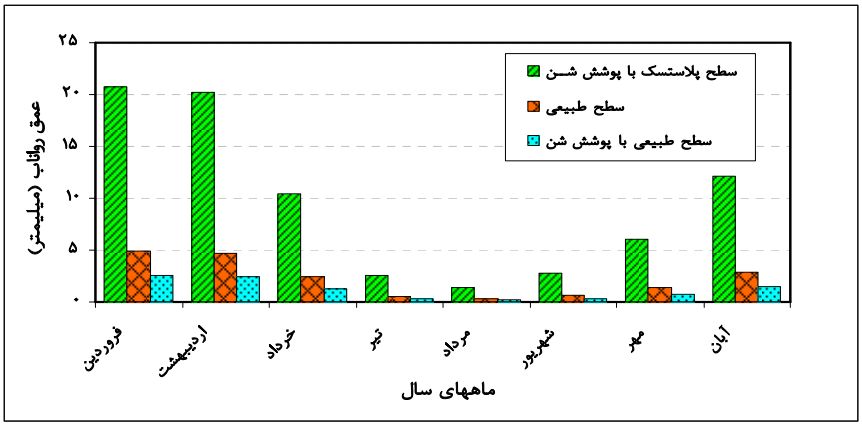
شکل (۸): بارندگی‌های ماهانه بیش از حد بارش آستانه

جدول (۴): عمق رواناب تجمعی در تیمارهای مختلف برای هشت ماهه اول سال

تیمار	سطح پلاستیک با پوشش شن	سطح طبیعی	سطح طبیعی با پوشش شن
حد بارندگی آستانه	بیش از ۲/۷ میلی‌متر	بیش از ۳/۵ میلی‌متر	بیش از ۴/۴ میلی‌متر
جمع بارندگی ۸ ماهه (mm)	۱۵۸/۹۸	۱۴۷/۷۱	۱۳۳/۷۳
ضریب رواناب	۰/۴۸	۰/۱۲	۰/۰۷
عمق رواناب (mm)	۶۴/۱۹	۱۷/۷۳	۱۱/۱۳

جدول (۵): حجم رواناب ماهانه و تجمعی برای تیمارهای مختلف در سطح یک متر مربع بر حسب لیتر

تیمار	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	جمع
سطح پلاستیک با پوشش شن	۲۰/۷۵	۲۰/۱۷	۱۰/۴۴	۲/۵۶	۱/۴۳	۲/۷۶	۶/۱۰	۱۲/۱۱	۷۶/۳۱
سطح طبیعی دست‌نخوره	۴/۸۶	۴/۶۸	۲/۴۰	۰/۵۶	۰/۳۴	۰/۶۷	۱/۴۰	۲/۸۲	۱۷/۷۳
سطح طبیعی با پوشش شن	۲/۵۸	۲/۴۸	۱/۲۸	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۷۴	۱/۴۸	۹/۳۶



شکل (۹): عمق رواناب ماهانه در تیمارهای مختلف برای هشت ماه اول سال

حال با توجه به نیاز آبی گیاه می‌توان حجم آب مورد نیاز ناشی از کمبود بارندگی را در طول دوره رشد محاسبه نمود و بر اساس آن مساحت سطح آبگیر را برای تیمارهای سطوح مختلف بدست آورد. به عنوان مثال چنانکه حجم آب مورد نیاز برای تأمین بخشی از نیاز آبی تعدادی درخت در یک دوره مشخص ۲۰ متر مکعب باشد با معلوم بودن حجم آب حاصل از یک مترمربع، با یک تناسب ساده می‌توان مساحت لازم را برای استحصال ۲۰ متر مکعب رواناب محاسبه نمود. در جدول (۵) حجم رواناب استحصالی از تیمارهای سطح پلاستیک با پوشش شنی، سطح طبیعی و سطح طبیعی با پوشش شنی در یک مترمربع برای هشت ماه اول سال به ترتیب برابر ۷۶/۳۱، ۱۷/۷۳ و ۹/۳۶ لیتر می‌باشد. بنابراین مساحت لازم برای استحصال ۲۰ متر مکعب رواناب برای تیمارهای مذکور به ترتیب برابر ۲۶۲، ۱۱۲۸ و ۲۱۳۷ مترمربع خواهد بود. این بدان معناست که برای جمع‌آوری ۲۰ متر مکعب آب باران در تیمار سطح پلاستیک با پوشش شنی ۲۶۲ متر مربع سطح آبگیر لازم است.

بررسی تفاوت تیمارها و تکرارها در تولید رواناب

به منظور تشخیص تفاوت بین عمق رواناب استحصال شده در طول مدت آماربرداری بین تیمارها و تکرارها تجزیه واریانس صورت گرفت که نتایج آن در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج نشان داد بین رواناب تجمعی حاصل از بارش در تیمارهای مختلف طرح در سطح احتمال کمتر از یک درصد تفاوت معنی‌داری با هم دیگر وجود دارد. برای تشخیص مناسب‌ترین تیمار، مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن به عمل آمد که نتایج آن در جدول (۷) ذکر گردیده بر اساس جدول مذکور تیمارهای سطح طبیعی با شن بادامی و سطح طبیعی به ترتیب با تولید ۲۱/۹ و ۹/۷ میلی‌متر رواناب در یک گروه و تیمار سطح عایق با شن بادامی با تولید ۱۳۳/۷ میلی‌متر رواناب در گروه دیگر قرار گرفت. بنابراین در این پژوهش تیمار سطح پلاستیک با شن بادامی به عنوان مناسب‌ترین تیمار از نظر تولید رواناب تشخیص داده شد.

جدول (۶): تجزیه واریانس و سطح معنی‌داری تیمارها و تکرارهای آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین تیمارهای مختلف	۲	۲۸۰۲۱/۷	۱۴۰۱۱	۱۳۲/۸	۰۰/۰۰
بین تکرارهای مختلف	۶	۶۳۳/۳	۱۰۵/۵		
کل	۸	۲۸۶۵۵			

جدول (۷): آزمون میانگین تیمارها به روش دانکن

تیمار	میانگین رواناب (میلی‌متر)	گروه‌های همگن
سطح طبیعی	۲۱/۹	A
سطح پلاستیک با شن بادامی	۱۳۳/۷	B
سطح طبیعی با شن بادامی	۹/۷	A

برای تشخیص تفاوت بین عمق رواناب تولید شده در تکرارهای مختلف تجزیه واریانس صورت گرفت که نتایج در جدول شماره (۸) ارائه شده است. نتایج نشان داد بین رواناب تجمعی حاصل از بارش در تکرارهای مختلف طرح حتی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دیگر وجود نداشت.

جدول (۸): تجزیه واریانس و سطح معنی‌داری تکرارهای آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین تکرارهای مختلف	۲	۳۶/۶	۱۸/۳	۰۰۰	۰/۹۹
بین تیمارهای مختلف	۶	۲۸۶۱/۸	۴۷۶۹/۷		
کل	۸	۲۸۶۵۵			

پیشنهادها

با توجه به این که استحصال آب باران در این پژوهش در مقیاس کوچک‌تری صورت گرفته و مناسب‌ترین نوع پوشش سطح از نظر تولید رواناب مشخص گردیده است پیشنهاد می‌گردد به منظور کاربردی کردن نتایج، این کار در مقیاس بزرگ‌تر به اجرا درآید تا بتوان از حجم آب بیشتری که از سطح آبگیر بدست می‌آید بخشی از نیاز آبی گیاهان و درختان را در مواقع کم آبی در وسعت بزرگ‌تر تأمین نمود. از آنجائی‌که این پژوهش مختص اراضی شیب‌دار است می‌توان آب استحصالی را با استفاده از نیروی ثقل و به کمک روش‌های نوین آبیاری از جمله روش‌های کم فشار قطره‌ای، کوزه‌ای و زیرسطحی در دسترس درختان قرار داد. همچنین اگر چنان که از پوشش‌های پلیمری نظیر ورق ژئوممبران[۲] و یا عایق‌هایی که مقاوم در برابر تشعشع آفتاب و تغییرات دمایی بوده پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی مورد مطالعه قرار داده شود.

منابع

۱ - رضایی، ع. (۱۳۸۴). بررسی عملکرد سطوح عایق، نیمه عایق و طبیعی در فرآیند بارش-رواناب سامانه‌های سطوح آبگیر، گزارش نهایی طرح پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان.
۲ - شاهینی، غ. (۱۳۸۲). گزارش سالیانه طرح تحقیقاتی بهینه‌سازی سیستم‌های سطوح آبگیر از طریق افزایش ماندگاری رطوبت در پروفیل خاک در استان گلستان.
۳ - شاهینی، غ. و م. آسیایی (۱۳۹۲). استحصال آب باران به روش میکروکچمنت‌های لوزی شکل، دومین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، مشهد.
۴ - قیطوری، م.، م حشمتی و م. روغنی (۱۳۹۱). بررسی سه سامانه جمع‌آوری رواناب در افزایش رطوبت خاک، اولین کنفرانس ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، مشهد.
۵ - کدخداپور، م. ع. (۱۳۹۱). لزوم ایجاد سطح عایق برای جمع‌آوری آب باران در نواحی نیمه‌خشک، اولین کنفرانس ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، مشهد.

[۱] -Geomembrane

۶ - مهدی‌زاده، م. و س. م. نمکی (۱۳۹۲). بررسی عملکرد سطوح عایق، نیمه‌عایق و طبیعی در فرایند بارش رواناب، دومین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، مشهد.

۷ - نکویی‌مهر، م. (۱۳۹۲). استحصال آب با استفاده از سطوح عایق در شرایط بحران آب در منطقه زاگرس، کنفرانس ملی مخاطرات محیط زیست زاگرس، خرم‌آباد.

۸ - نیک‌نژاد، د. (۱۳۹۳). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی عملکرد سطوح عایق، نیمه عایق و طبیعی در فرایند بارش- رواناب سامانه‌های سطوح آبگیر (منتشر نشده).

9- Hudson N. *(1987). Soil and water conservation in semi-arid areas".* FAO,Soil Resources, Management and Conservation Service.

10- Lalljee B. and Facknath S. *(1999). Water harvesting and alternate sources of water for agriculture.* PROSI Magazine - September No. 368.

11- Laura R. *(2004). Water farms: a review of the physical aspects of water harvesting and runoff enhancement in rural landscapes.* Technical report 04/6, CSIRO Land and Water, Canberra ACT.

12- Li J. and Zhang G. *(1997). Different purpose of rainwater Catchments in China and their environmental effects.* The 8th international conference on rainwater catchments systems, *25-29*, Tehran, Iran.

13- Li X.Y. *(2000). Soil and water conservation in arid and semiarid areas: The Chinese Experience.* Cold and Arid Regions Environmental and Engineering. Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Ganzhou 730000, P.R.China

14- Nissen-Petersen E. *(2006). Water from outcrops: A hand book for engineers and technicians on site investigations, designs, construction and maintenance of rock catchment tanks and dams*, Danish International Development Agency (DANIDA).

15- Oweis T., Hachum A. and Kijne J. *(1999). Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas*. SWIM Paper 7 Colombo, International Water Management Institute, Sri Lanka.

Determining Runoff Coefficient for Different Surfaces of Catchment Systems to Harvest Rain Water for a Dryland Region

Niknezhad D., Nasseri A.

Received: 2014/12
Accepted: 2015/2

Abstract

The Global warming and climate change caused changes in rainfall patterns. Instead of snow, rainfalls are as precipitations which are not useful since usually they are lost as runoff or flood. Thus, proper recovery of precipitation especially snow and rain is very important, particularly in arid and semi-arid areas.By establishing rainwater harvesting systems with high runoff coefficients and storage of the runoff we can produce sustainable conditions to meet the water requirement of the plants and forest trees in the dryseasons. For this purpose, three treatment procedures including intact natural surfaces, areas covered with gravel, and use of plastic cover with gravel were selected and repeated thrice. The areas of each constructed experimental plot were 4m^{2}squared shape, and their average slope was 11.5-18%.The results obtained from 16 occasions of rainfall showed that the recovered runoff obtained from natural surfaces with gravel, intact natural surfaces and plastic cover with gravel treatments were 7, 12 and 48 % of the rainfall, respectively.The rainfall thresholds to initiate runoff flows in the treatments were obtainedto be 4.4, 3.5 and 2.7 mm, respectively. The analysis of variance showed that the runoff from treatments were statistically significant at $P<0.01$. The mean comparison revealed that the highest runoff was produced by plastic surfaces with gravel treatment and this system is suggested as an appropriate option to harvest rainwater as a result of this study.

Keywords: Plastic cover, Precipitation, Rainwater harvesting, Gravel, Runoff