

()

1* 2 3 4 5 6

۱^د مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، ۲ استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۳^د استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی و ۴^د کارشناس، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۹

استفاده بهینه از نزولات جوی به خصوص برف و باران در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ایجاد سطوح آبخیز با ضریب رواناب بالا و ذخیره کردن رواناب حاصل از آن می‌تواند شرایط پایداری را در برطرف کردن نیاز آبی گیاهان و درختان برای فصول کم آب فراهم نماید. برای این منظور، سه تیمار انتخاب شد که شامل سطح طبیعی دست نخورده، سطح طبیعی با پوشش لاشه چینی و پوشش پلاستیک با رویه لاشه چینی بودند. مساحت هر کدام از کرت‌های آزمایش چهار مترمربع و به شکل مربع بودند که در زمین شیب دار با شیب متوسط ۱۸-۱۱ درصد احداث شده بودند. نتایج حاصل از ۳۴ مورد بارندگی نشان داد که رواناب حاصل از سطح طبیعی با پوشش لاشه چینی، سطح طبیعی دست نخورده و سطح پوشش نایلون با رویه لاشه چینی به ترتیب ۱۳، ۲۰ و ۵۷ درصد بارندگی می‌باشد. میزان بارندگی برای شروع رواناب در تیمارهای مذکور به ترتیب ۵/۳، ۴/۷ و ۲/۶ میلی متر بود. بیشترین مقدار رواناب مربوط به تیمار پوشش نایلون با رویه لاشه چینی بود که در این پژوهش به عنوان یک گزینه مناسب برای استحصال آب باران پیشنهاد می‌شود.

: استحصال آب باران، بارندگی، پوشش نایلون، سطح طبیعی دست نخورده، لاشه چینی

روش‌های استحصال آب باران، پژوهش‌های گسترده‌ای در اکثر مناطق دنیا در خصوص استفاده از سطوح عایق و نیمه عایق انجام گرفته و یا در حال انجام است که تفاوت آن‌ها در نوع بهره‌برداری رواناب استحصال شده می‌باشد. در مناطق خشک و نیمه خشک مؤثرترین و اساسی‌ترین اقدامات در رابطه با تأمین آب برای مصارف مختلف (زراعت، جنگل کاری، شرب و ...) مدیریت بارش‌های جوی و استحصال آب باران در محل بارش می‌باشد (Shoae و همکاران، ۲۰۰۳).

سیستم‌های سطوح آبخیز طوری طراحی می‌شوند تا رواناب حاصل از سطح آبخیز با مساحت چند مترمربع را به پای گیاه هدایت نموده تا پس از نفوذ و ذخیره آن در ناحیه ریشه، به مصرف گیاه برسد. روش سطوح آبخیز کوچک، به طور معمول برای کاشت درخت استفاده می‌شود و مشخصه آن ورود مستقیم آب از یک سطح آبخیز نسبتاً کوچک به پای ریشه گیاه می‌باشد (Oweis و همکاران، ۱۹۹۹). امروزه در زمینه

ارتفاعات کوه عون‌اب‌علی با ارتفاع ۱۸۱۷ متر از سطح دریا با شیب جنوبی واقع شده و در مختصات $5^{\circ} 6'$ عرض شمالی و $20^{\circ} 46'$ طول شرقی قرار دارد. میانگین نزولات جوی در محل طرح، حدود ۲۸۵ میلی‌متر در سال است. بافت خاک در محل اجرای طرح از نوع لومی و لومی رسی شنی می‌باشد.

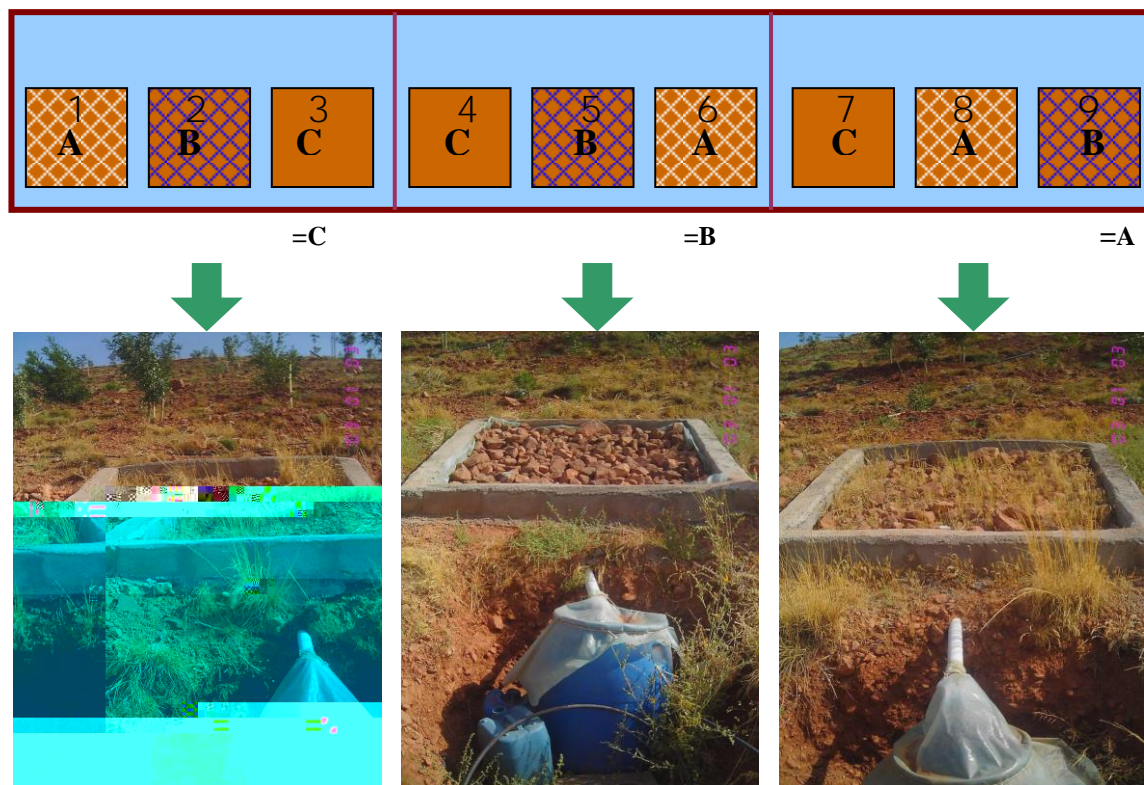
در این پژوهش، سه نوع سطح آبیگر برای جمع‌آوری آب باران انتخاب و برای هر کدام از آن‌ها سه تکرار در نظر گرفته شد. مساحت هر کدام از سطوح یا کرت‌ها چهار مترمربع و به شکل مربع بود که در شیب‌های ۱۸-۱۱ درصد با جهت شمالی جنوبی احداث شدند. تیمارهای سطوح آبیگر، شامل سطح طبیعی دست نخورده، سطح طبیعی لاشه‌چینی شده و پوشش نایلون با رویه لاشه‌چینی بودند. در مجموع، نه عدد کرت ایجاد شد که در قالب آماری طرح کاملاً تصادفی در کنار هم قرار گرفتند. نقشه اجرای طرح به همراه تیمارهای سطوح آبیگر مجهز به سیستم ذخیره آب باران در شکل ۱ ارائه شده است. برای اندازه‌گیری رواناب حاصل از بارندگی، در پایین دست هر یک از کرت‌ها، بشکه‌ای به حجم ۲۲۰ لیتر نصب و رواناب تولید شده به وسیله لوله به داخل بشکه‌ها هدایت می‌شد. یک دستگاه باران‌سنج در محل نصب شده بود که برای سنجش عمق بارندگی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

اندازه‌گیری مقدار باران و رواناب حاصل از آن با اعمال تیمارهای مختلف طرح از اول شهریور ۱۳۹۰ تا آخر دی ماه ۱۳۹۱ انجام گرفت. نحوه اندازه‌گیری بدین ترتیب بود که بلافاصله پس از وقوع هر بارش، نسبت به اندازه‌گیری میزان بارندگی به وسیله باران‌سنج (خالی) و نیز حجم آب جمع شده در بشکه‌ها اقدام می‌شد و با تقسیم عمق رواناب به عمق بارندگی ضریب رواناب محاسبه می‌شد. برای تحلیل آماری و بررسی تفاوت رواناب‌های حاصل از اعمال تیمارها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای بررسی رابطه بین عمق بارش به عنوان متغیر مستقل و عمق رواناب به عنوان متغیر وابسته، از ضریب همبستگی و تحلیل رگرسیون استفاده شد.

از جمله عوامل مهمی که نقش قابل توجهی در افزایش نگهداری رطوبت خاک به عهده دارد، می‌توان به استفاده تلفیقی از سطوح عایق برای تولید رواناب بیشتر از یک طرف و استفاده از مالچ گیاهی و یا فیلترهای شنی از طرف دیگر برای نفوذ رواناب استحصال شده اشاره نمود که بهبود شرایط رطوبتی خاک را فراهم می‌نماید. استفاده از فیلترهای شنی در سامانه‌های سطوح آبیگر به دلیل اجرای ساده‌تر و در دسترس بودن مصالح مورد نیاز امکان‌پذیر بوده و نقش قابل توجهی در نفوذ سریع‌تر رواناب و افزایش رطوبت خاک در منطقه ریشه دارد (Ghaderi, 2004). مقایسه سامانه‌های مسطح، هلالی و لوزی شکل در جمع‌آوری آب‌های سطحی به منظور افزایش رطوبت خاک در استان هرمزگان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از انواع سامانه‌های سطوح آبیگر هلالی، لوزی و مستطیلی شکل، راهکار مناسبی برای بهینه‌سازی و مهار ریزش‌های جوی در منطقه می‌باشد و سامانه‌های لوزی شکل با تیمار مالچ پاشی شده به دلیل تمرکز بیشتر رواناب نتایج بهتری در جمع‌آوری و نیز ذخیره‌سازی رطوبت در اعماق مختلف خاک دارد (Rastgar, 2005).

هدف اصلی از این پژوهش، بررسی عملکرد سطوح مختلف آبیگر در استحصال آب باران می‌باشد که بر اساس نتایج حاصل می‌توان بهترین سطح را که بیشترین رواناب را ایجاد نماید، برای تولید رواناب انتخاب و معرفی نمود و در دوره مرطوب که بارندگی بیشتر است، رواناب حاصل از بارندگی را ذخیره و در مواقع لازم یا دوره خشکی که بارندگی کمینه و دمای هوا بیشینه می‌باشد، به عنوان آبیاری تکمیلی کمبود نیاز آبی گیاه را که ناشی از کمبود بارندگی است، برطرف نمود. این مسئله در کشور ایران که اکثر مناطق آن از نظر اقلیمی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، حائز اهمیت است. بنابراین، انجام این پژوهش و کاربرد بومی آن در مناطق یاد شده لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

محل مورد پژوهش، در ضلع شمالی شهر تبریز و در



۱- نقشه اجرای طرح به همراه تیمارهای سطوح آبخیز مجهز به سیستم ذخیره آب باران

طول دوره آماربرداری ۳۴ مورد بوده است. با وارد کردن میزان بارندگی‌ها و رواناب متناظر حاصل از آن-ها به نرم افزار Excel نمودار خط رگرسیون و معادله ریاضی هر کدام از تیمارها به دست می‌آید، جدول ۱، روابط مربوط به هر کدام از تیمارها و مقادیر آستانه بارش متناظر با آن‌ها را نشان می‌دهد.

برای :
- به دست آوردن رابطه بارش-رواناب، میزان بارندگی روزانه و رواناب متناظر با آن را بایستی اندازه‌گیری نمود. از تقسیم میزان بارندگی به میزان رواناب، ضریب رواناب محاسبه می‌شود. تعداد بارندگی‌های روزانه در

۱- رابطه بین رواناب و بارش در تیمارهای آزمایشی

رابطه بین رواناب و بارش	بارش آستانه (میلی‌متر)	تیمارهای آزمایشی
$R^* = 0.1595P^* - 0.8384$	۵/۳	سطح طبیعی با لاشه‌چینی
$R = 0.2461P - 1.1588$	۴/۷	سطح طبیعی دست‌نخورده
$R = 0.7585P - 1.19415$	۲/۶	پوشش نایلون با لاشه‌چینی

R عمق یا ارتفاع رواناب و P میزان بارندگی روزانه بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

دارد، استفاده شد. برای این منظور، ابتدا باید عمق و فراوانی متوسط بارش‌های سالانه منجر به رواناب که مقادیر آن‌ها بیشتر از حد بارش آستانه در تیمارها می‌باشند، به دست آورد. بارش‌ها و فراوانی‌های مربوط به ماه‌های مختلف سال نیز محاسبه شده است. بر

برای محاسبه :
عمق رواناب حاصل از سطوح مختلف، بر اساس آمار بلندمدت ۶۰ساله ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه تبریز که در شرق کوه عون‌ابن‌علی قرار گرفته و با محل اجرای طرح حدود هشت کیلومتر فاصله

برای پرکردن مخزن با ابعاد مشخص به‌دست آورد. برای مثال اگر حجم مخزن یا آب مورد نیاز ۲۰۰۰۰ لیتر باشد، مساحت سطح آبیگر مورد نیاز برای تیمارهای سطح نایلون با لاشه‌چینی، سطح طبیعی دست‌نخورده و سطح طبیعی با لاشه‌چینی به‌ترتیب برابر ۲۲۰، ۷۵۲ و ۱۲۴۱ مترمربع خواهد بود. بنابراین، در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌توان کمبود نیاز آبی گیاه را در ماه‌های گرم سال از طریق رواناب ذخیره شده در دوره مرطوب، جبران نمود. برای تشخیص دوره مرطوب و دوره خشکی می‌توان از منحنی آمبروترمیک استفاده کرد که از آمار بلندمدت دما و بارش به‌دست می‌آید. برای رسم این منحنی از آمار ۶۰ساله ایستگاه سینوپتیک تبریز استفاده شد. بر اساس منحنی آمبروترمیک، دوره‌ای که درجه حرارت بر بارندگی فزونی یابد، این دوره زمانی از نظر اقلیمی، دوره خشک محسوب می‌شود که از اواخر اردیبهشت ماه شروع و تا آخر دهه اول آبان ماه ادامه می‌یابد. خارج از این دوره که بارندگی بر درجه حرارت فزونی می‌یابد، جزء دوره مرطوب به حساب می‌آید که از ابتدای دهه دوم آبان ماه شروع و تا انتهای اردیبهشت ماه سال بعد ادامه می‌یابد. در این دوره، می‌توان رواناب حاصل از بارش را ذخیره و در دوره خشکی به‌عنوان آبیاری تکمیلی در اختیار گیاهان و درختان قرار داد.

اساس این محاسبات، بیشترین مقدار فراوانی و بارش بیشتر از صفر میلی‌متر، مربوط به اردیبهشت ماه می‌باشد. اما برای بارش‌های بیش از ۲/۶، ۴/۷ و ۵/۳ بیشترین فراوانی‌ها و بارش‌ها مربوط به فروردین ماه بوده و کمترین آن برای کل بارش و فراوانی‌های مذکور مربوط به ماه مرداد می‌باشد.

با توجه به ضریب رواناب به‌دست آمده برای هر کدام از تیمارها و با معلوم بودن بارش‌های از نوع باران که معمولاً در هشت‌ماهه اول سال در محل اجرای طرح (تبریز) اتفاق می‌افتد، می‌توان عمق رواناب قابل ذخیره را برای مدت مذکور محاسبه نمود. این عمق رواناب برای هر کدام از ماه‌ها در همان هشت ماه اول سال نیز محاسبه شده است. بیشترین مقدار رواناب در تیمار پوشش نایلون با لاشه‌چینی، مربوط به ماه‌های فروردین و اردیبهشت می‌باشد. با معلوم بودن مساحت سطح آبیگر، حجم رواناب ماهانه و هشت ماه اول سال قابل محاسبه می‌باشد که نتایج برای هر کدام از تیمارها در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به میزان نیاز آبی گیاه می‌توان حجم آب مورد نیاز ناشی از کمبود بارندگی را محاسبه نمود و با معلوم بودن حجم آب می‌توان، ابعاد مخزن ذخیره آب را طراحی نمود. بنابراین، با معلوم بودن حجم آب استحصالی از مساحت چهار مترمربع (ستون آخر جدول ۲) می‌توان با یک نسبت ساده مساحت لازم را

2- حجم رواناب ماهانه برای تیمارهای مختلف با مساحت چهار مترمربع بر حسب لیتر

تیمار	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	جمع
پوشش نایلون با لاشه‌چینی	۹۸/۵۴	۹۵/۹۲	۴۹/۶۱	۱۲/۱۸	۶/۷۷	۱۳/۰۹	۲۸/۹۶	۵۷/۶۲	۳۶۲/۶۸
سطح طبیعی دست‌نخورده	۲۹/۲۶	۲۸/۳۰	۱۴/۵۱	۳/۲۳	۱/۹۸	۳/۹۶	۸/۲۲	۱۶/۹۷	۱۰۶/۴۳
سطح طبیعی با لاشه‌چینی	۱۷/۷۲	۹۷/۱۶	۸/۸۱	۲/۰۵	۱/۲۰	۲/۳۵	۵/۰۸	۱۰/۲۹	۶۴/۴۶

سنگریزه از لاشه‌سنگ استفاده شده است که دلیل استفاده، وجود آن در محل اجرای طرح بود. آستانه بارندگی برای شروع رواناب ۲/۶ و درصد ضریب رواناب ۵۷ درصد می‌باشد که نتایج آن به نتایج پژوهش صورت گرفته در ارومیه برای تیمار پوشش نایلون با سنگریزه نزدیک‌تر است. در پژوهش‌های انجام یافته در

نتایج اصلی حاصل از این پژوهش، با دو نمونه از پژوهش‌های مشابهی که در استان‌های زنجان (Rezaei, ۲۰۱۲) و ارومیه (Mehdizadeh و Namaki, ۲۰۱۴) صورت گرفته است، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از این پژوهش‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. در پژوهش حاضر، به‌جای

شروع رواناب باشد که بر روی برخی از آن‌ها مطالعه شده و برای رسیدن به نتایج مطلوب‌تر بر روی دیگر موارد نیز بایستی مطالعه شود.

از سویی دیگر، با توجه به این‌که شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی هر منطقه با منطقه دیگر متفاوت بوده و غیر قابل تأثیرگذاری می‌باشد، لذا لازم است تا پژوهش‌های مشابهی که در مناطق دیگر به‌منظور استحصال آب باران از سطوح مختلف عایق صورت گرفته، در این منطقه نیز صورت گیرد. به‌عنوان مثال، استفاده از سطوح عایق نایلونی با محافظ سنگریزه‌ای و ورق Geomembrane (غشای نفوذناپذیر در مقابل آب، رطوبت و گاز) و یا سایر عایق‌هایی که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و مقاوم در برابر تشعشع آفتاب و تغییرات دمایی بوده، پیشنهاد می‌شوند.

زنجان و ارومیه، رواناب تولید شده از پوشش سنگریزه نسبت به سطح طبیعی دست نخورده بیشتر است. در حالی که در این پژوهش، نتیجه برعکس می‌باشد و برای بارندگی آستانه شروع رواناب نیز نتایج حاصل برعکس است. دلیل آن احتمالاً ناشی از نوع پوشش سنگی و اندازه دانه‌های سنگی بوده که در یکی پوشش سنگریزه و در دیگری از نوع لاشه‌سنگ می‌باشد. طبیعی بودن مصالح سنگی مانند سنگریزه رودخانه‌ای و یا دست‌ساز بودن آن مثل سنگریزه حاصل از دستگاه سنگ‌شکن و ضخامت سنگریزه به‌کار برده شده برای پوشش می‌تواند، در میزان رواناب حاصل از بارندگی مؤثر باشد. البته نفوذپذیری، بافت و رطوبت پیشین خاک، شکل و ابعاد کرت‌ها، شیب زمین، شدت بارندگی، باد و دمای هوا نیز می‌تواند از عوامل تأثیرگذار در ضریب رواناب و بارندگی آستانه برای

3 - نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در زنجان و ارومیه

محل اجرا	شیب زمین (درصد)	ابعاد کرت (متر)	پوشش نایلون با لاشه‌چینی		پوشش لاشه‌چینی		سطح طبیعی دست نخورده
			درصد	آستانه	درصد	آستانه	
زنجان	۱۵ - ۲۵	۳×۴	۳۴/۹۳	۲/۱	۳/۱۰	۳/۸۱	۵/۰
ارومیه	۱۲ - ۱۵	۵×۶	۵۸/۱۷	۲/۵	۳/۵	۱۰/۴۱	۴/۴

میلی‌متر رواناب در یک گروه همگن قرار گرفته‌اند و تیمار پوشش نایلون با لاشه‌چینی با تولید ۱۸۹/۱۴ میلی‌متر رواناب در یک گروه برتر قرار گرفت. بنابراین، در این پژوهش تیمار پوشش نایلون با لاشه‌چینی به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار از نظر تولید رواناب تشخیص داده شد.

برای تشخیص تفاوت بین عمق رواناب تولید شده در تکرارهای مختلف، تجزیه واریانس صورت گرفت که نتایج در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین رواناب تجمعی حاصل از بارش در تکرارهای مختلف طرح حتی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم وجود نداشت.

برای تشخیص تفاوت بین عمق رواناب تولید شده در طول مدت آماربرداری در بین تیمارها و تکرارها تجزیه واریانس صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد، بین رواناب تجمعی حاصل از بارش در تیمارهای مختلف طرح حتی در سطح احتمال کمتر از یک درصد تفاوت معنی‌داری با هم وجود دارد. برای تشخیص مناسب‌ترین تیمار، مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن به‌عمل آمد که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای سطح طبیعی با لاشه‌چینی و سطح طبیعی دست نخورده به‌ترتیب با تولید ۲۵/۴۸ و ۴۳/۳۳

4- 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	۴۸۳۶۳/۴	۲۴۱۸۱/۷	۲۴۹/۸۴	۰/۰۰
بین تکرارهای مختلف	۶	۵۸۰/۷۴۳	۹۶/۷۹۰۵		
کل	۸	۴۸۹۴۴/۲			

5- آزمون میانگین تیمارها به روش دانکن

تیمار	میانگین رواناب (میلی متر)	گروه‌های همگن
سطح طبیعی با لاشه‌چینی	۲۵/۴۸	A
سطح طبیعی دست‌نخورده	۴۳/۳۳	A
پوشش نایلون با لاشه‌چینی	۱۸۹/۱۴	B

6- تجزیه واریانس و سطح معنی‌داری تکرارهای آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین تکرارهای مختلف	۲	۲۵۹/۱	۱۲۹/۵	۰/۰۲	۰/۹۸۴
بین تیمارهای مختلف	۶	۴۸۶۸۵/۱	۸۱۱۴/۲		
کل	۸	۴۸۹۴۴/۳			

1. Ghaderi, N. 2004. Optimization of water catchments systems with increase moisture retention in the soil profile in Kordestan. Annual Report, Iran (in Persian).
2. 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).
3. 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.
4. Rastgar, H. 2005. Comparison of Rhomboid, flat and crescent shaped in runoff harvesting for increasing soil moisture in Hormozgan. Livestock and Natural Resources Research Center of Hormozghan. 2nd National Conference on Watershed and Soil and Water Management, Kerman, Iran (in Persian).
5. Rezaei, A. 2012. Investigation of operation of isolated, semi-isolated and natural surfaces in rainfall-runoff process of water harvesting system. Final research report, Agricultural and Natural Resources Research Center of Zanjan, 123 pages (in Persian).
6. Shoaee, Z., J. Goddosi, A. Telvari, M.H. Mehraban and E. Ghafouri. 2003. Rain catchment systems project for sustainable development of environmental resources. State Scientific Research Council, (Agriculture Commission), 707 pages (in Persian).

Study of operation of different rainwater catchments systems in runoff production in semi-arid area of Ovn Ebn Ali (East Azerbaijan)

Davood Niknezhad^{*1}, Mohammad Roghani², Abolfazh Nasseri³, Jamshid Yarahmadi⁴, Karim Mehrvarz⁵ and Mohammadebrahim Sadegzadeh⁶

^{1 and 5} Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Eastern Azerbaijan, Iran, ² Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, ^{3 and 4} Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Eastern Azerbaijan, Iran and ⁶ MSc, Agricultural and Natural Resources Research Center, Eastern Azerbaijan, Iran

Received: 19 May 2014

Accepted: 08 November 2014

Abstract

Optimum application of precipitation, especially snow and rain, is very important, particularly in arid and semi-arid areas. Establishing rainwater harvesting systems with high runoff coefficient and therefore runoff storage can produce sustainable conditions to meet the water requirement of the plants and trees in dry seasons. For this purpose, three treatments including natural surface intact, covered with riprap and plastic cover with riprap were selected. The areas of each experimental plot were four m² with square shapes and average slope of 11-18 percent were constructed. Results from 34 rainfall events showed that the amount of runoff from natural surfaces with riprap, intact natural surface and plastic cover with riprap treatments were 13, 20 and 57 percent of the amount of rainfall, respectively. The rainfall thresholds to initiate runoff in the treatments were 5.3, 4.7 and 2.6 mm, respectively. The highest runoff produced by plastic surface with riprap and this system is suggested as an appropriate option to collect rainwater in this study.

Key words: Natural surface intact, Plastic cover, Precipitation, Rainwater harvesting, Riprap

* Corresponding author: niknezhad2005@yahoo.com