Archive of SID

پژوهش‌های آبخیزداری شماره ۱۱۲، پاییز ۱۳۹۵
(پژوهش و سازندگی)

بررسی تأثیر فیلترهای سنگریزه‌ای در بهینه‌سازی نفوذ و افزایش ذخیره رطوبتی سامانه‌های سطوح آبگیر

• **جمشید یاراحمدی**
استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)
• **محمدابراهیم صادق زاده**
کارشناس محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
• **داود نیک نژاد**
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
• **کریم مهرورز مغانلو**
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۹۴
Email: n.parsafar63@gmail.com

چکیده

استمرار خشکسالی‌های اخیر استان آذربایجان‌شرقی باعث کاهش چشمگیر منابع آبی قابل دسترس شده و در همین زمان، سطح زیر کشت باغات و اراضی زراعی به‌صورت بی‌رویه و نامتناسب با تغییرات اقلیمی توسعه پیدا کرده است. از آنجایی که بالاترین میزان مصرف آب مربوط به بخش کشاورزی است، لذا تحقیق در زمینه استفاده از منابع آب جایگزین و روش‌های صرفه‌جویی در مصرف بهینه آن بسیار ضروری است. امروزه، استحصال آب باران یکی از روش‌های عملی و کارآمد در این زمینه به‌حساب می‌آید. تحقیق حاضر با هدف استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای به منظور بهینه‌سازی نفوذ آب استحصالی از نزولات جوی و افزایش ذخیره رطوبتی در منطقه ریشه گیاه به‌صورت پایلوت در سطح یک هکتاری دامنه‌های جنوب‌غربی کوه عون ابن علی تبریز صورت گرفته است. این تحقیق در قالب بلوک کاملاً تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل: تیمار شاهد (A)، سامانه با جمع‌آوری سنگریزه و پوشش گیاهی از سطح آن همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (تیمار B)، سامانه با جمع‌آوری سنگریزه و پوشش گیاهی از سطح آن بدون فیلترسنگریزه‌ای (تیمار C)، سامانه نیمه عایق با فیلترسنگریزه‌ای (تیمارD) و سامانه نیمه عایق بدون فیلتر سنگریزه‌ای (تیمار E) بودند. تأثیر فیلتر سنگریزه‌ای در میزان نفوذ و افزایش ذخیره رطوبتی در دو عمق ۲۰ و ۵۰ سانتیمتری با استفاده از دستگاه TDR بعد از هر بارندگی اندازه‌گیری گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان رطوبت تیمارD در عمق ۲۰ (با میانگین ۳۵/۹۴) و عمق ۵۰ سانتیمتری(با میانگین ۳۰/۵۶) بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها است($p<0.05$). عملکرد فیلتر سنگریزه‌ای همراه با عایق نمودن سطح سامانه باعث کاهش چشمگیر مصرف آب نهال‌ها شده است. در نتیجه می‌توان اذعان داشت که استحصال آب باران از طریق سطوح عایق و نفوذ آن از طریق فیلتر سنگریزه‌ای راه‌کار مناسبی جهت مقابله با خشکسالی کشاورزی بوده و سهم بسزائی در تأمین آب مورد نیاز این بخش خواهدداشت.

کلمات کلیدی: سامانه سطوح آبگیر باران، فیلتر سنگریزه‌ای، استحصال آب باران، عون‌ابن‌علی.

www.SID.ir

Archive of SID

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 112 pp: 2-13

Investigation of the gravel filters effect's in influence optimization and the increasing of Soil moisture storage in Rainwater catchment system levels

By: J. Yarahmadi1: Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran (Corresponding Author). M. Ebrahim Sadeghzadeh: Soil Conservation and Watershed Management Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. D. Niknezhad: East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. K. rvarzemoghanlou: East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.

Prolonged recently drought in East Azerbaijan has significantly been caused decreasing in the availability of water resources. In this time, gardens and cultivated area has been increased as irregular and disproportional in terms of climate changes. As the highest rates of water consumption is in the agricultural sector, it is very necessary to investigate the alternative water resources and optimization methods in water supplying. Now day, Rainwater harvesting is one of the practical methods for this mean. This research project was executed(in1ha area) with aims to apply gravel filter to infiltration and optimization as well as increasing water storage of harvested rain water into plant root zone. Research area is located in southwest hillslope of Own-Eb neh-ali mountain of Tabriz city. This project was conducted as Randomized Complete Block with five treatments and four replications. Treatments included: Treatment A, control, Treatment B, system by collecting pebbles and vegetation cover from its area with gravel filter, Treatment C, system by collecting pebbles and vegetation cover from its area without gravel filter, Treatment D, system by semi isolated area and gravel filter and Treatment E, system by semi isolated area without gravel filter. The effect of Gravel filter on the penetration rate and increasing of the water storage, were measured in 20 and 50 cm depths using TDR after each rainfall event. Results showed that mean soil moisture rate in Treatment D (semi-isolated system with gravel filter) in both 20 and 50 cm depth are 35.94 and 30.56 respectively and significantly higher than other treatments ($p<0.05$). Gravel filter performance associated with isolated system significantly reduced the water consumption of planted seedling. According to obtained results can be confirmed that rainfall harvesting though insulation levels and penetration of the collected water through gravel filter is a suitable solution to deal with agricultural drought and also it have a significant role in agriculture water supplying.

Keywords: Rainwater catchment system levels, Gravel Filter, Rainwater Harvesting, Own-Eb neh-ali.

مقدمه

براســاس آمار رسمی ســازمان خواربار جهانی در سال ۲۰۰۳ سطح مناطق خشک و نیمه خشــک جهان حدود ۶۱ میلیون کیلومترمربع بوده که معادل۴۶ درصد مســاحت کره زمین می‌باشد. از نظر توزیع قاره‌ای، مســاحت یاد شده ۱۴ درصد آمریکا وحاشیه اروپا، ۳۷ درصد افریقا، ۱۶ درصد اســترالیا و ۳۳ درصد قاره آســیا را پوشش می‌دهد (اختر و همکاران، ۲۰۱۰). از مشــخصه‌های بــارز این قبیل مناطق، نزولات جوی اندک و نامنظم همراه با دمای هوای نســبتاً بالا اســت که منجر به محدودیت منابع آب قابل دسترس و به تبع آن، دشواری در اســتقرار کشاورزی پایدار می‌شود (موسیوکی و مون یاو ، ۲۰۱۴). بنابراین می‌توان گفت که اولین فاکتور محدود کننده استقرار پوشش گیاهی در مناطق خشــک و نیمه خشک مقدار آب قابل دسترس در منطقه ریشــه گیاه است (لال ، ۲۰۰۱). مکانیسم مقابله با محدودیت منابع آبی عبارت از آبیاری تکمیلی برای اســتفاده بهینه از میزان آب محدود در مناطق دیم و استحصال آب باران جهت اطمینان از تأمین آب کافی برای اســتقرار و بقاء گیاه است (اویس و هاچمن ، ۲۰۰۳). بخاطر محدودیت ذاتی منابع آبــی در چنین مناطقی، گزینه آبیاری تکمیلی ممکن است همواره میسر نباشد، بنابراین تنها گزینه منطقی و قابل حصول روش استحصال آب باران خواهد بود.

اســتحصال آب باران عبارت‌اســت از جمع‌آوری و ذخیره آب ناشی از نزولات جوی جهت شرب، مصارف دام، وحوش و یا آبیاری محصولات کشاورزی و تغذیه منابع آب زیرمینی در قالب جمع‌آوری آب باران از ســطوح طبیعی یا پشت بام‌ها می‌باشد (سایت RWH، ۲۰۱۴). واژه اســتحصال آب برای اولین بار در ســال ۱۹۶۳توسط گدس استفاده شــده است. با این حال، اســتحصال آب باران یک ایده تازه‌ای نیست چرا که برخی محققان قدمت آن را ۴۰۰۰ ســال قبل از میلاد مسیح می‌دانند. یعنی به عصر برنز و زمانی که تمدن‌های آسیایی و آفریقایی با جمع‌آوری آب باران توانســتند در مناطقی که بارش سالانه کمتر از ۱۰۰ میلیمتر نیز کشــاورزی را امکان‌پذیر ســازند (توکلی شیرازی و اکبری،۱۳۹۲). برخی نیز قدمت آن را در چین تا۶۰۰۰ ســال قبل از میلاد می‌برند(کریشنا،۲۰۰۳). اگر چه شناسائی علمی انواع سامانه‌های ســطوح آبگیر باران در قالب واژه استحصال آب از کشور تونس توسط پاســی وکولیس (۱۹۸۶) گزارش شده، اما نخستین بار در فلسطین اشغالی توسعه یافته‌است. با وجود اینکه از هزاران سال پیش شیوه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف اســـتحصال آب باران جهت مقابله بـــا کمبود آب بکار گرفته شده است ولی هنوز هم استفاده از تکنیک‌های توسعه یافته آن جهت تامین بخشـــی از نیاز آبی مصارف کشـــاورزی در سال‌های اخیر رایج است(ادهم و همکاران، ۲۰۱۶).

ریج و همکاران (۱۹۸۸) با بهره‌گیری از طبقه‌بندی انجام شـــده قبلی نسبت به تشریح انواع سامانه‌های سطوح آبگیر باران در قالب استحصال آب برای تولیدات گیاهی اقدام نموده‌اند (قدوسی و همکاران ۱۳۸۲). گوپتا (۱۹۹۴) نشـــان داد که با اســـتحصال آب باران و نفوذ رواناب آب حاصل از آن، رشـــد محصول و تولید بیوماس گیاهان در تیمار با حوضچه‌های جمع‌آوری آب باران با شیب ۲۰ درصد، بیشترین کارایی را داشـــته و بالاترین مقدار رواناب را ذخیره کرده اســـت. در تحقیقی لی و همکاران(۲۰۰۰) به بررسی و مقایسه چند روش استحصال آب باران پرداخته و نتایج کار آنان نشان داد که ضمن تفاوت فاحش مقدار ضریب رواناب، روش پوشش پلاســـتیک نسبت به روش خاک لخت، پوشش پلاستیکی قادر به تولید رواناب حتی در بارش‌های با شدت کم می‌باشد. آنها استفاده از روش‌های مالچ سنگریزه و پوشش پلاستیکی به منظور استحصال آب باران را توصیه کردند.

زیاو و همکاران(۲۰۰۴) به بررســـی و مقایســـه میزان رواناب تولیدی شش سطح مختلف شامل دامنه لسی شیب‌دار، دامنه لسی بدون شیب، بتن، آسفالت، پلاستیک و پلاســـتیک پوشیده شده با شن پرداختند. نتایـــج آنها حاکی از میزان بالای رواناب تولیدی ســـطح آســـفالت (با ضریب رواناب۰/۸۱-۰/۷۴) و پلاستیک (با ضریب رواناب۰/۷۶-۰/۵۷) نسبت به ســـایر سطوح اســـت. علی و یازار)۲۰۰۷ (نشان دادند که ســـامانه‌های جمع‌آوری آب بـــاران، رطوبت حجمی خـــاک را از ۱۷ درصـــد به ۷۰ درصـــد افزایش می‌دهـــد. لال (۲۰۰۸) گزارش کرده کـــه جمع‌آوری آب باران در قالب کارهـــای مدیریتی می‌تواند مقادیر کربـــن خاک را افزایش داده، میزان و شـــدت تغییـــرات آب و هوایی کاهش یافته، افزایش بهره‌وری کشـــاورزی و امنیت غذایی را به همراه خواهد داشـــت. اویس و هاچـــوم (۲۰۰۳،۲۰۰۶ و۲۰۱۲) معتقدند که جمـــع‌آوری آب باران می‌تواند در بهبود پوشـــش گیاهی، افزایش ظرفیـــت چرایی و به نوعی کاهش یا توقف تخریب محیط زیســـت در مناطق خشک، که از پدیده بیابان‌زایی متضرر بوده و به عنوان یکی از مســـائل مهم تاثیرگذار در این مناطق هست، مفید باشد. هاچینسون و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که تکنیک‌های استحصال آب عمدتاً می‌تواننـــد در جایی که هزینه‌های از دســـت رفتن زمین و نیروی کار پایین است، جهت حفظ زیر ساختارهایی که ارتباط کمتری به ارزش آب اســـتحصال شده و تولیدات آن دارد، موفق باشند. یازار و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به ارزیابی تکنیک‌های استحصال آب با تاکید بر میکروکچمنت‌ها در قالب طرح آزمایشـــی با پنج تیمار مختلف (تیمار شاهد، پوشش نایلونی، پوشش سنگریزه، تیمار با سطح علوفه خشک و سطح فشرده شـــده) در ترکیه پرداختند. با تحلیل داده‌های بارش، رواناب، مســـاحت حوزه، ذخیره رطوبت خـــاک و تبخیر و تعرق گیاه اقدام به پایش بیلان آب موجود در منطقه ریشـــه گیاه پسته نمودند. آنها کارائی کلی سیستم استحصال آب باران را از طریق مقایسه نسبت مقدار آب ذخیره شـــده و مورد استفاده توسط گیاه به مقدار آب باران نزولی به سطح ســـامانه تعیین کردند. نتایج آنها نشان داد که کارآئی کلی سامانه‌های اســـتحصال آب باران بسته به سطح آن‌ها و ظرفیت منطقه ریشـــه گیاه از ۲/۹ درصد تا ۷۹ درصد متغییر بوده و ســـامانه پوشش پلاستیکی بالاترین کارآئی را نسبت به سایر تیمارها دارد.

سپاســـخواه و کامکار حقیقی (۱۳۶۷) علاوه بر بررســـی نحوه افزایش رطوبت در خاک، راندمان اســـتحصال آب و افزایش محصول را نیز در کرت‌های کوچک بررســـی نموده و اثر بخش بـــودن آن را مورد تائید قرار داده‌اند. خواجه‌ای و برنویســـی(۱۳۸۴) به بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر افزایش ماندگاری رطوبت در پروفیل خاک در ســـامانه‌های آبگیر لوزی شـــکل با پنج تیمار آزمایشی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تیمار اســـتفاده از پوشش پلاســـتیکی، حفاظ سنگریزه‌ای به ضخامت پنج سانتیمتر و بکارگیری فیلتر سنگریزه‌ای در سطح چاله، دارای بیشـــترین مقدار حفظ رطوبت بوده و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای طرح دارد.

شاهینی ۱۳۸۵ طی تحقیقی در استان گلستان در مورد بهینه سازی عملکرد سیستم‌های ذخیره نزولات آسمانی به منظور افزایش رطوبت پروفیـــل خاک اظهار داشـــتندکه بین روش‌های عایـــق، نیمه عایق و طبیعـــی، روش عایـــق جهت جمع‌آوری آب باران برای کاشـــت نهال بهتریـــن روش بوده و از نظـــر آماری با بقیه روش‌هـــا دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشـــد. از دیگر کارهای تحقیقاتـــی که در ایران تحت عنوان بهره‌برداری از آب باران انجام گرفته اســـت می‌توان به کارهای چاووشـــی (۱۳۷۱) و جهـــان تیـــغ (۱۳۷۶)، طباطبائـــی و همکاران (۱۳۹۰) اشـــاره کرد که در آن‌ها تنها به استفاده از نزولات در افزایش رطوبت خاک توجه شده است.

با توجه به اســـتمرار خشکســـالی‌های اخیر اســـتان آذربایجان شرقی و به تبع آن کاهش چشـــمگیر منابع آبی قابل دســـترس، افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی، خشک شدن و پسروی دریاچه ارومیه و گسترش ســـطح اراضی شور حاشـــیه آن از یک سو، افزایش سطح زیر کشـــت باغات و اراضی زراعی نیز که شـــدیداً وابسته به منابع آب زیرزمینی بوده از ســـوی دیگر، ضرورت تحقیق در زمینه اســـتفاده از منابـــع آب جایگزین و نیز روش‌های صرفه جویی در مصرف بهینه آن دو چندان می‌نماید. در همین راســـتا، این تحقیق با هدف استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای به منظور بهینه‌سازی نفوذ آب استحصالی از نزولات جوی به منطقه ریشـــه گیاه و افزایش ذخیره رطوبتی در آن منطقه و بصورت پایلوت در ســـطح یک هکتار در دامنه‌های جنوب غربی کوه عون ابن علی تبریز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

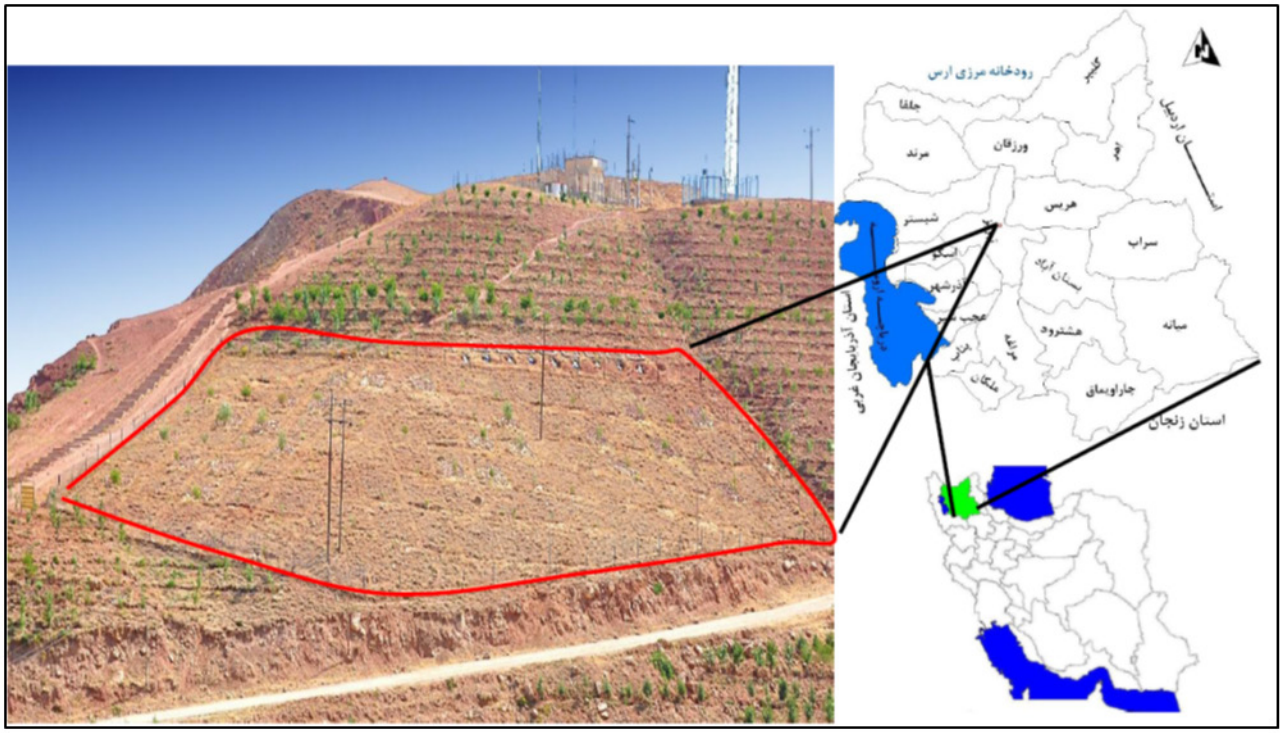
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی با مساحتی حدود یک هکتار و در دامنه‌های جنوب غربی کوه عون بن علی واقع در شـــمال شـــهر تبریز قرار دارد. این منطقه به لحاظ موقعیت جغرافیایی دارای مختصات ۳۸ درجه و ۰۶دقیقه و ۰۰/۱۴ثانیه تا ۳۸ درجه و ۰۶دقیقه و۵ ثانیه عرض شـــمالی و ۴۶ درجـــه و ۲۰ دقیقه و ۱/۵۵ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲۰دقیقه و ۹/۳۴ ثانیه طول شرقی می‌باشد (شکل۱). ارتفاع

www.SID.ir

Archive of SID

متوسط آن ۱۸۳۰ متر از سطح دریا بوده و بیشترین سطح آن در شیب ۲۰-۳۰ درصد واقع شده است. آمار و اطلاعات بلند مدت(۹۴-۱۳۴۱) ایستگاه سینوپتیک تبریز که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه بوده، میانگین درجه حرارت حدود۱۲ درجه سانتیگراد و متوسط بارش سالیانه آن ۲۶۰میلیمتر می‌باشد. تیپ اقلیمی منطقه مطابق با روش دمارتن، نیمه خشک سرد تعیین شده‌است. خاک منطقه دارای بافت لومی بوده و از نفوذ پذیری خوبی برخوردار است.



شکل ۱- نقشه موقعیت محل اجرای طرح در کوه عون ابن علی تبریز

روش پژوهش

مدت اجرای این پروژه ۵ سال بوده و برای عملیاتی شدن آن، در گام نخست اقدام به محاسبه ابعاد سامانه‌های سطوح آبگیر براساس فاکتورهای نیاز آبی گیاه، بارندگی سالیانه طرح، سطح ناحیه ریشه، ضریب رواناب و فاکتور کارایی با استفاده از رابطه(۱) گردید (کریتچلی و سایقرت، ۱۹۹۱).

$$MC = RA \times \frac{(WR-DR)}{(DR \times K \times EFF)} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه MC: مساحت آبگیر به متر مربع، RA: متوسط گسترش ریشه گیاه مورد نظر به مترمربع WR : نیاز آبی سالانه گیاه به میلی‌متر در سال، DR: مقدار بارش سالانه به میلی‌متر، K: ضریب رواناب و EFF: ضریب کارایی رواناب است.

لازم بذکراست در پروژه حاضر، بادام ۵ ساله به‌عنوان گیاه مرجع جهت برآورد نیاز آبی در نظر گرفته شده -است و نیاز خالص آبیاری آن براساس روش پنمن-مانتیث در برنامه کراب وات محاسبه شده است(فرشی و همکاران، ۱۳۷۶).

سپس، سامانه‌های سطوح آبگیر براساس رابطه (۱) در قالب طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی در پنج تیمار شامل: ۱- تیمار(A)- سامانه شاهد، روش کاشت مطابق با عرف منطقه در سامانه آبگیر ۲- تیمار(B) سامانه‌ی که در آن پوشش گیاهی و سنگریزه سامانه جمع آوری گردیده همراه با فیلتر سنگریزه‌ای ۳- تیمار (c)، سامانه آبگیر همانند تیمار B بوده ولی بدون بکارگیری فیلتر سنگریزه‌ای ۴- تیمار (D) -سامانه آبگیر با عایق نمودن بخشی از سطح سامانه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای ۵-تیمار (E) سامانه آبگیر با عایق نمودن بخشی از سطح سامانه بدون فیلتر سنگریزه‌ای، در نظر گرفته شدند. در مرحله بعدی، ابعاد چاله‌ها متناسب با حجم رواناب سطوح طبیعی، تداوم بارندگی و مقدار نفوذ، براساس رابطه (۲) محاسبه گردید(کریتچلی و سایقرت ،۱۹۹۱).

$$V = \frac{A \times h \times C}{n} \quad \text{(۲)}$$

در این رابطه: V: حجم چاله، N: تخلل، A: سطح سامانه و h: ارتفاع بارش است. فیلترهای سنگریزه‌ای به قطر ۱۰و عمق ۴۰ سانتیمتر

www.SID.ir

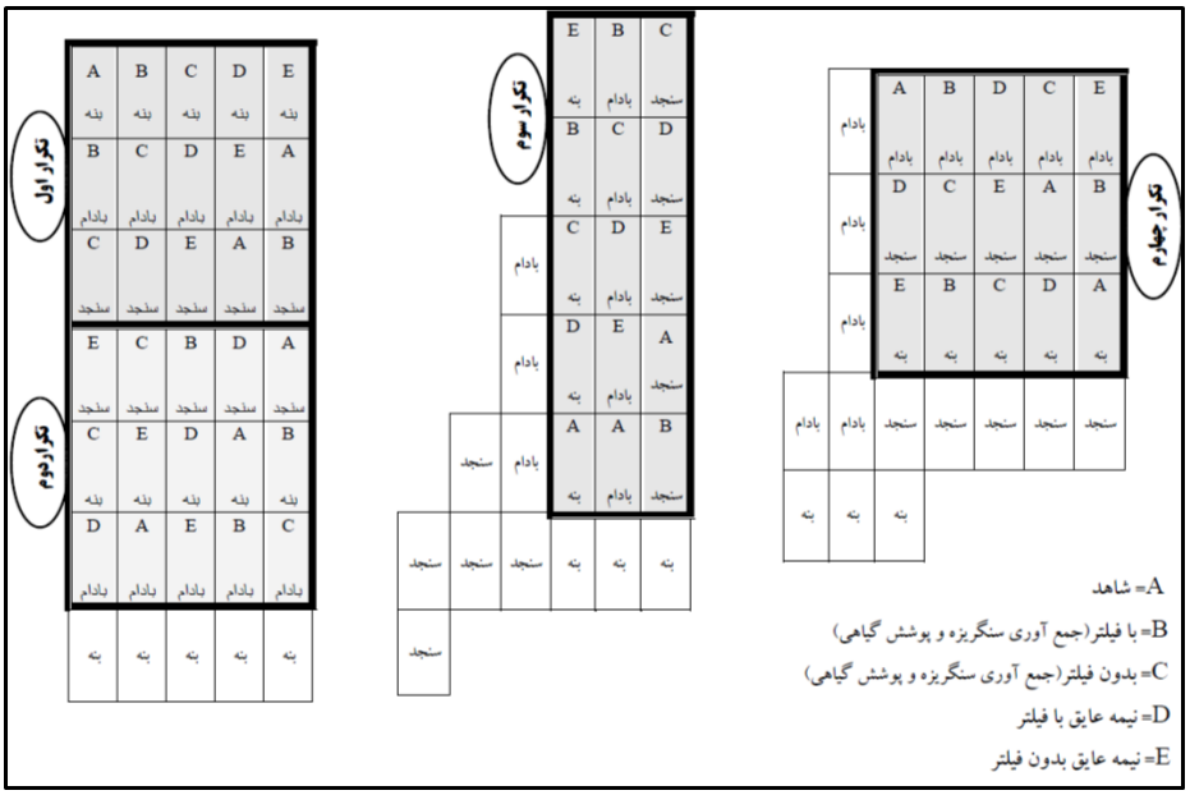
Archive of SID

در کـف چاله و در دو نقطـه همجوار با نهال به منظور نفوذ سـریع رواناب، توزیع آن در منطقه ریشـه و همچنین انجام آبیاری تکمیلی ایجاد گردید. به منظور اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک و مقایسـه تغییـرات آن در هر کـدام از تیمارها، دو سنسـور بصورت میله‌های عمـودی در اعماق ۲۰ و ۵۰ سـانتیمتری در هریک از چاله‌ها تعبیه گردید. ساخت و تهیه سنسورهای یاد شده توسط پژوهشکده حفاظت خـاک و آبخیزداری صورت گرفت. درصـد رطوبت حجمی هر یک از تیمارهای مورد نظر در اعماق ۵۰ و ۲۰ سـانتیمتری بوسـیله دستگاه TDR از طریق اتصال به حسگرهای عمودی دفنی، ۲۴ ساعت بعد از هر بارندگی و یا هر بار آبیاری تکمیلی اندازه‌گیری شد.

نتایج

ابعاد سامانه‌ها براسـاس رابطه (۱) و متناسب با شـرایط توپوگرافی موجـود محل اجرای طـرح و دیگر پارامترهای فوق الذکر محاسـبه گردید. برهمین اسـاس، سامانه‌ها در اشـکال مستطیلی در ابعاد ۴۰ مترمربع (۸*۵) با پشـته خاکی و ۴/۵*۷/۵ متر مربع بدون پشـته تعیین شـدند. همانطوریکه پیش‌تر نیز ذکر شـد طرح آماری پروژه حاضر بصورت کرت‌های خرد شـده و بلوک‌های کاملاً تصادفی با پنج تیمار اصلی(سـامانه‌های مختلف سطوح آبگیر) و سه تیمار فرعی(سه گونه درخت، بادام، بنه و سـنجد) در چهار تکرار در نظر گرفته شـد. پلان سامانه‌های احداثی و نقشه کاشت در شکل (۲) نشان داده شده است. متناسب با مساحت منطقه و روش آماری مذکور در مجموع ۶۰ سـامانه در محل اجرای طرح احداث و در انتهای هر سامانه نیز چاله کاشـت نهال ایجاد گردید. ابعاد چاله‌ها براساس رابطه (۲) به قطر ۹۰ سانتیمتر و عمق ۶۰ الی ۸۰ سانتیمتر تعیین گردید. در اطراف هرچاله نیز بانکت‌های هلالی شکل طراحی گردید تا از این طریق رواناب‌های حاصله از سطح سامانه‌ها به داخل چاله هدایت شوند.

باتوجـه به قرارگیری محل اجرای طرح در داخل پارک عون ابن علی، تیمار شاهد (A) همانند شـرایط طبیعی مناطق مجاور و بدون هیچ دخل و تصرفی انتخاب گردید. سه گونه درختی سنجد، بنه و بادام در کرت‌های مربوط به این تیمار غرس شدند. در تیمارهای B,C پوشش گیاهی و سنگریزه از سطح کرت‌ها جمع‌آوری گردید. با این تفاوت که در تیمارB از فیلتر سـنگریزه‌ای استفاده شد ولی تیمارC بدون فیلتر سنگریزه‌ای بود. تیمارهای DوE به‌عنوان کرت‌های نیمه عایق در نظر گرفته شـدند. در این حالت، نیمی از سـطح کرت‌ها از طریق پوشش نایلونی زخیم عایق شـده تا مانع نفوذ رواناب به زمین شده و رواناب حاصله بصورت مسـتقیم به داخل چاله غرس نهال‌ها هدایت شـود. بخاطر جلوگیری از پوسیده‌گی ناشی از تابش مستقیم آفتاب و سوراخ شدن پوشش نایلونی، سطوح نایلونی کرت‌ها از طریق خرده سنگ‌های محلی مجدداً پوشـش داده شدند. تیمارD همراه با فیلتر سنگریزه‌ای بوده در حالیکه در تیمار E از فیلتر سـنگریزه‌ای استفاده نشده است. در طول اجرای طرح، مقدار هر بارش از طریق یک دستگاه باران‌سنج معمولی که در محل اجرای طرح تعبیه شده بود، اندازه‌گیری و مطابق روش تحقیـق، ۲۴ سـاعت بعد از وقوع هر بارندگـی، میزان رطوبت حجمی خاک در اعماق ۲۰ و ۵۰ سانتیمتری چاله‌های مربوط به نهال بادام توسط دستگاه TDR اندازه‌گیری شد.



شکل۲- پلان تیمارها و نقشه کاشت

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه رطوبت خاک در چاله‌های نمونه برداری در عمق ۲۰ سانتی متر

در این قسمت، نتایج حاصله از بکارگیری تأثیر فیلتر سنگریزه‌ای بر افزایش ذخیره رطوبتی خاک در عمق ۲۰ سانتیمتری در تیمارهای پنجگانه بحث شده است (شکل ۳). نتایج آنالیز واریانس دو طرفه مربوط به تغییرات رطوبت خاک در عمق ۲۰ سانتیمتری در جدول(۱) ارائه شده است.

با توجه به جدول ۱ نتایج تحلیل واریانس دو طرفه نشان می‌دهد که هم اثرات اصلی(عایق و فیلتر) و هم اثرمتقابل (عایق× فیلتر) بر روی میزان رطوبت سامانه‌ها معنی‌دار($p<0,05$) می‌باشد.

در گام نخست، تغییرات رطوبت خاک در عمق ۲۰ سانتیمتری در تیمارهای مختلف تحت تأثیر وجود یا عدم وجود سطح عایق در آنها بررسی و نتایج مربوطه در جدول(۲) ارائه شده‌است. مطابق جدول ۲ میانگین رطوبت خاک در سامانه‌های بدون عایق ۲۶/۳ و در چاله‌های با عایق ۳۱/۸ می‌باشد که با توجه به نتایج آنالیز واریانس ($f=3,4$, $p<0,05$) اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. به عبارتی دیگر، میزان رطوبت خاک در سامانه‌های با عایق بطور معنی‌داری بیشتر از سامانه‌های بدون عایق است.

جدول۱- آنالیز واریانس دو طرفه جهت بررسی میزان رطوبت خاک در عمق ۲۰ سانتیمتری

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
سامانه‌های نیمه عایق	352.47	1	352.47	3.15	.047
سامانه‌های با فیلتر	1508.26	1	1508.26	13.46	.000
نیمه عایق×فیلتر	2566.30	1	641.57	5.77	.000
خطا	12549.08	112	112.05		

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک درعمق ۲۰ cm بر اساس وجود سطح عایق

عایق	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
سامانه‌های بدون عایق	76	26.31	9.74	8.90	58.00
سامانه‌های نیمه عایق	40	31.83	13.38	15.60	67.00
کل	116	28.22	11.38	8.90	67.00

www.SID.ir

Archive of SID

در مرحلـــه بعدی، تغییـــرات رطوبت خاک در عمق ۲۰ ســـانتیمتری پروفیـــل خاک در تیمارهای مختلف تحـــت تأثیر وجود یا عدم وجود فیلتر سنگریزه‌ای در آن‌ها بررسی و نتایج مربوطه در جدول (۳) ارائه شده‌است. همانطوریکه پیداست، میانگین رطوبت خاک در سامانه‌های بدون فیلتر ۲۵/۱ و در چاله‌های با فیلتر ۳۳/۸ می‌باشد که با توجه به نتایج آنالیز واریانس ($f=۱۳,۴$ $p<۰,۰۱$) اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. به عبارتی میزان رطوبت خاک در ســـامانه‌های با فیلتر بطور معنی‌داری بیشتر از سامانه‌های بدون فیلتر است.

بررسی اثرات اصلی(عایق× فیلتر) در تیمارهای مختلف از طریق آزمون دانکن بررسی و نتایج آن در جدول (۴) و شکل(۳) ارائه شده است. با توجه به این موارد می‌توان استنباط نمود که:

* چاله D (نیمه عایق با فیلترفیلتر ســـنگریزه‌ای) با میانگین رطوبت ۳۵/۹ بطـــور معنی‌داری بالاترین رطوبـــت را در بین تیمارهای مورد بررسی دارد.
* چاله C (بدون عایق با فیلتر) با میانگین رطوبت ۳۱/۸ در رتبه دوم از نظر میزان رطوبت خاک قرار دارد.
* چاله B (بدون عایق بدون فیلتر) و چاله E (نیمه عایق بدون فیلتر) بـــه ترتیب با میانگین‌های ۲۶/۳۷ و ۲۷/۷ از نظر میزان رطوبت خاک مشابه هم بوده، همچنین بطور معنی‌داری رطوبت کمتری از چاله‌های E و C دارند.
* چاله شـــاهد با میانگیـــن ۲۲/۴ بطور معنـــی‌داری کمترین میزان رطوبت را دارد.

جدول ۳- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک درعمق ۲۰ cm بر اساس داشتن فیلترسنگریزه‌ای

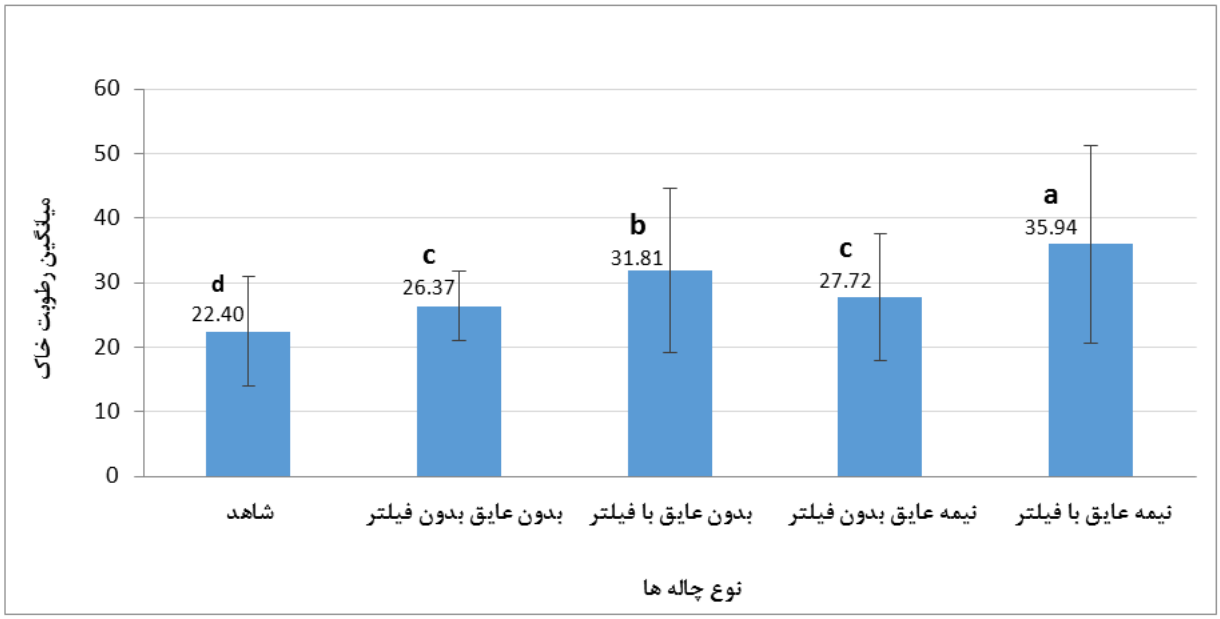
فیلترسنگریزه‌ای	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
سامانه‌های بدون فیلتر	75	25.15	8.22	8.90	45.80
سامانه‌های با فیلتر	41	33.82	14.05	13.00	67.00
کل	116	28.22	11.38	8.90	67.00

جدول ۳- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک درعمق ۲۰ cm بر اساس داشتن فیلترسنگریزه‌ای

عایق×فیلتر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
شاهد (A)	30	22.41 d	8.508	8.90	39.40
سامانه بدون عایق بدون فیلتر (B)	25	26.38 c	5.34	15.00	38.40
سامانه بدون عایق با فیلتر (C)	21	31.81 b	12.73	13.00	58.00
سامانه نیمه عایق با فیلتر (D)	20	35.94 a	15.369	16.60	67.00
سامانه نیمه عایق بدون فیلتر (E)	20	27.73 c	9.796	15.60	45.80

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار مقایسه میزان رطوبت خاک در سامانه‌های مختلف در عمق ۲۰ سانتیمتری

مقایسه رطوبت خاک در چاله‌های نمونه برداری در عمق ۵۰ سانتی متری

در این قسمت نتایج حاصله از بکارگیری تأثیر فیلتر سنگریزه‌ای بر افزایش ذخیره رطوبتی خاک در عمق ۵۰ سانتیمتری در تیمارهای پنجگانه بحث شده‌است (شکل ۴). نتایج آنالیز واریانس دو طرفه مربوط به تغییرات رطوبت خاک در عمق ۵۰ سانتیمتری در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول۵- آنالیز واریانس دو راهه جهت بررسی میزان رطوبت خاک چاله‌های نمونه برداری در عمق ۵۰ سانتیمتری

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
سامانه‌های عایق	418.98	1	418.98	2.950	.048
سامانه‌های با فیلتر	1804.39	1	1804.39	12.703	.000
عایق× فیلتر	36.99	1	36.99	4.6	0.022
خطا	20596.53	145	142.05		

نتایج تحلیل واریانس دو طرفه نشان می‌دهد که هم اثرات اصلی (عایق و فیلتر) و هم اثرمتقابل (عایق×فیلتر) بر روی میزان رطوبت چاله‌ها معنی دار($p<0,05$) می‌باشد. لذا در ادامه، تغییرات رطوبت خاک در تیمارهای مختلف از طریق مقایسه سطوح سامانه از نظر وجود عایق و فیلتر و یا نبود این دو عامل بررسی شده است. در این مرحله، تغییرات رطوبت خاک در عمق ۵۰ سانتیمتری در تیمارهای مختلف تحت تأثیر وجود یا عدم وجود عایق در آن‌ها بررسی و نتایج آن در جدول(۶) ارائه شده است. با توجه به جدول (۵) میانگین رطوبت خاک در چاله‌های بدون عایق ۲۱/۹ و در چاله‌های با عایق ۲۶/۴ می‌باشد که با توجه به نتایج آنالیز واریانس($f=2,95$,$p<0,05$) اختلاف معنی‌داری را دارا می‌باشند. به عبارتی میزان رطوبت خاک در چاله‌های با عایق بطور معنی داری بیشتر از چاله‌های بدون عایق است.

در مرحله بعدی، تغییرات رطوبت خاک در عمق ۵۰ سانتیمتری پروفیل خاک در تیمارهای مختلف تحت تأثیر وجود یا عدم وجود فیلتر سنگریزه‌ای در آن‌ها بررسی و نتایج آن در جدول(۷) ارائه شده است. با توجه به جدول ۷ میانگین رطوبت خاک در چاله‌های بدون فیلتر ۲۰/۶ و در چاله‌های با فیلتر ۲۸/۲۹ می‌باشد که مطابق با انالیز

www.SID.ir

Archive of SID

واریانس (f=۱۲,۷ p<۰,۰۱) اختلاف معنی‌داری را دارا می‌باشند. به عبارتی میزان رطوبت خاک در چاله‌های با فیلتر بطور معنی‌داری بیشتر از چاله‌های بدون فیلتر است.

اثرات اصلی(عایق× فیلتر) در تیمارهای مختلف از طریق آزمون آزمون دانکن بررسی و نتایج آن در جدول (۸) و شکل(۴)ارائه شده است. با توجه به این موارد می‌توان استباط نمود که:

* چاله D (نیمه عایق با فیلترسنگریزه‌ای) با میانگین رطوبت ۳۰/۵ و چاله C (بدون عایق با فیلترسنگریزه‌ای) با میانگین ۲۶ مشابه هم بوده و بطور معنی‌داری بالاترین رطوبت را در بین تیمارهای مورد بررسی دارند.
* چاله B (بدون عایق بدون فیلترسنگریزه‌ای) و چاله E (نیمه عایق بدون فیلترسنگریزه‌ای) به ترتیب با میانگین‌های ۲۱/۰۶ و ۲۲/۲ از نظر میزان رطوبت خاک مشابه هم بوده همچنین بطور معنی‌داری رطوبت کمتری از چاله‌های D و C دارند.
* چاله شاهد با میانگین ۱۸/۴۹ بطور معنی‌داری کمترین میزان رطوبت را دارد.

جدول ۶- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک درعمق ۵۰ cm بر اساس وجود سطح عایق

عایق	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
سامانه‌های بدون عایق	89	21.90	9.78	4.30	58.30
سامانه‌های نیمه عایق	60	26.42	15.40	3.20	66.00
کل	149	23.72	12.502	3.20	66.00

جدول ۷- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک درعمق ۵۰ cm بر اساس وجود فیلترسنگریزه‌ای

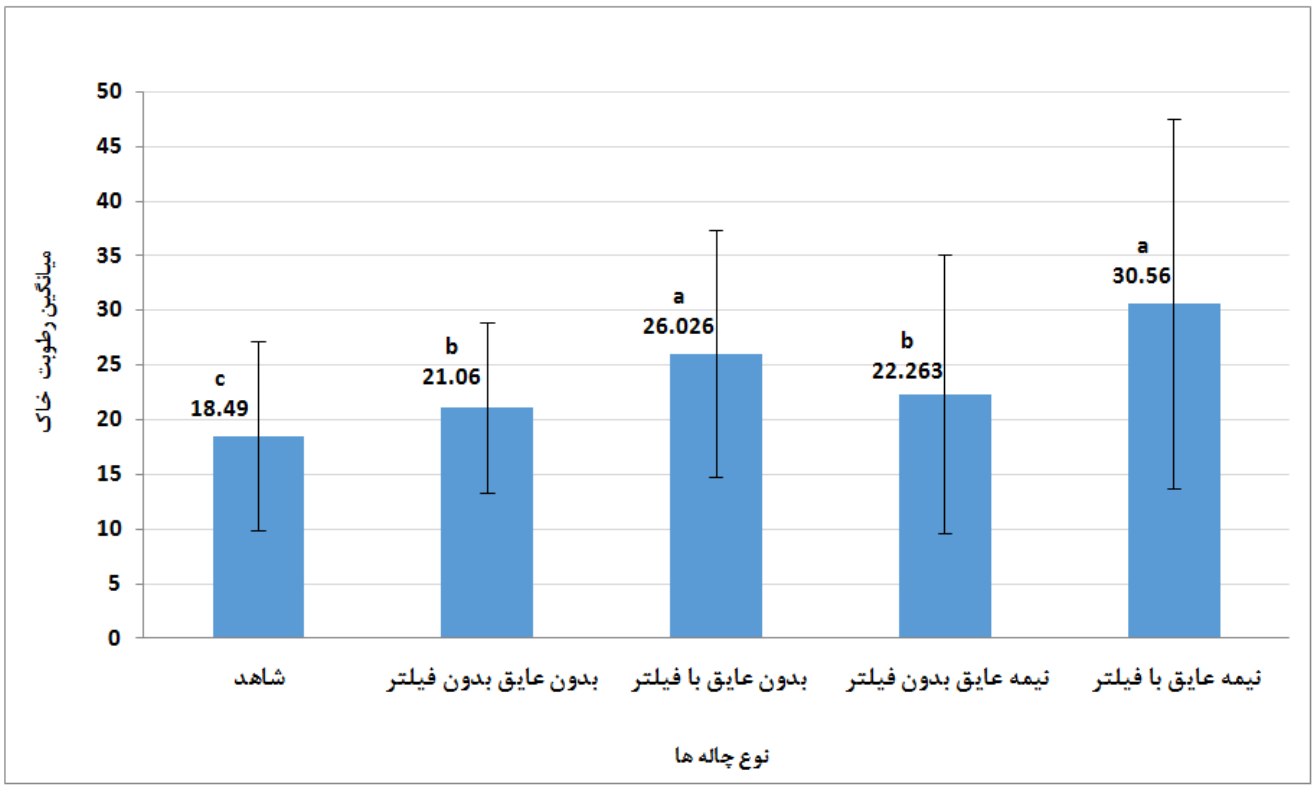
فیلتر سنگریزه‌ای	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
سامانه‌های بدون فیلتر	89	20.63	9.986	3.20	46.20
سامانه‌های با فیلتر	60	28.30	14.41	8.40	66.00
کل	149	23.72	12.502	3.20	66.00

جدول ۸- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک درعمق ۵۰ سانتیمتری

عایق×فیلتر	تعداد	میانگین*	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
شاهد	30	18.50c	8.673	4.30	33.60
بدون عایق بدون فیلتر (B)	30	21.07b	7.738	11.00	37.40
بدون عایق با فیلتر(C)	30	26.03a	11.286	9.50	58.30
نیمه عایق با فیلتر(D)	30	30.57a	16.86	8.40	66.00
نیمه عایق بدون فیلتر (E)	30	22.26b	12.75	3.20	46.20

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- نمودار مقایسه میزان رطوبت خاک در چاله‌های مورد بررسی در عمق ۵۰ سانتیمتری

نتایج و بحث

این تحقیق با هدف استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای به منظور بهینه‌سازی نفوذ آب استحصالی از نزولات جوی و افزایش ذخیره رطوبتی در منطقه ریشه گیاه بصورت پایلوت در سطح یک هکتار دامنه‌های جنوب غربی کوه عون ابن علی تبریز انجام شد. با توجه به مصارف بالای آب در بخش کشاورزی، تحقیق در زمینه استفاده از منابع آب جایگزین و روش‌های صرفه‌جویی در مصرف بهینه آن بسیار ضروری است. یافته‌های این تحقیق نشان داد که:

* تأثیر فیلترسنگریزه‌ای بیشتر از تأثیر سطح عایق است. بطوریکه در سامانه‌های E و C که از فیلترسنگریزه‌ای استفاده شده است میزان رطوبت بیشتر از سامانه‌های B و D است.

* وجود سطح عایق به تنهایی باعث افزایش معنی‌داری در میزان رطوبت خاک نمی‌شود چون در سامانه‌های B و D (که تنها از نظر وجود سطح عایق تفاوت دارند) اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد.

* ولی وجود سطح عایق به همراه فیلترسنگریزه‌ای اختلاف معنی‌داری را در رطوبت خاک ایجاد می‌کند. یعنی استفاده توأم عایق و فیلتر تأثیر بیشتری از استفاده فیلتر به تنهایی دارد. این مورد در سامانه‌های E و C مشهود است.

کارآیی استفاده توام از مالچ سنگریزه و سطوح عایق به منظور استحصال آب باران و تولید رواناب در نتایج تحقیقات لی و همکاران(۲۰۰۰) و زیاو و همکاران(۲۰۰۴) نشان داده شده است. همچنین تاثیر سامانه‌های سطوح آبگیر باران در افزایش رطوبت حجمی خاک در نتایج تحقیقات یازار و همکاران(۲۰۱۴) و لال(۲۰۰۸) تاکید شده است. تأثیر فیلتر سنگریزه‌ای بر افزایش حفظ و ذخیره رطوبت در پروفیل خاک در تحقیقاتی پیشین توسط قادری و همکاران(۱۳۸۲) در استان کردستان، شاهینی(۱۳۸۵) در استان گلستان، روغنی(۱۳۸۹) و طباطبائی و همکاران (۱۳۹۰آ) تائید شده است. بنابراین می‌توان اذعان داشت که از طریق بکارگیری فیلتر سنگریزه‌ای می‌توان بطور چشمگیری تلفات آب از طریق تبخیر در سطح چاله نهال را کاهش داد. همچنین بخاطر انتقال مستقیم آب استحصالی به منطقه ریشه گیاه، رطوبت موجود در منطقه ریشه گیاه را به مدت طولانی‌تر حفظ و ذخیره کرد. نتیجه این امر، تأمین بخش مهمی از نیاز آبی گیاه در مواقع بحرانی خواهد بود. این مسئله در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است بخصوص در مناطقی که پراکنش زمانی بارش مناسب نبوده و اکثر بارش‌ها در چند ماه اول سال رخ داده و در بقیه فصول گیاهان با تنش آبی مواجه می‌شوند. استحصال آب باران با استفاده از سطوح عایق و انتقال مستقیم آن به منطقه ریشه گیاه پاسخ مناسبی برای مقابله با مشکل مذکور است. تأمین آب مورد نیاز گیاه و اعمال کم آبیاری و به تبع آن امکان افزایش عملکرد محصول در واحد سطح باعث بهبود وضعیت معیشتی و افزایش درآمد کشاورزان بالاخص باغداران خواهد شد. نتیجه این وضعیت بدون شک باعث کاهش مهاجرت به شهرها شده و چه بسا مهاجرت معکوس نیز در بر خواهد داشت.

نتیجه این تحقیق در تطابق با نتایج خواجه‌ای(۱۳۹۰)، یداللهی و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران(۱۳۹۱)، صادق زاده و همکاران(۱۳۹۲)، بوده و همانند قدیر و همکاران(۲۰۰۷) و ماهو و هاتیبو (۲۰۰۰) استفاده از سطوح نیمه عایق را در افزایش ضریب رواناب و ذخیره آن در مواقع پرباران را از جمله اقدامات مهم تأمین منابع آب در مناطق خشک ذکر می‌کند.

تقدیر و تشکر

پروژه حاضر با همکاری سازمان عمران عون ابن علی و شرکت پارس پومیس با مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی- بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری استان آذربایجان شرقی اجرا شده است. بدین‌وسیله از کلیه مسئولین و دست اندرکاران نهادهای یاد شده تقدیر بعمل می‌آید. همچنین از مجری مسئول طرح در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری جناب آقای مهندس روغنی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1. Adham, A., M. Riksen, M. Ouessar and C. J. Ouessar, 2016, A Methodology to Assess and Evaluate Rainwater Harvesting Techniques in (Semi-) Arid Regions, Water 2016, 8, 198; doi:10.3390/w8050198, www.mdpi.com/journal/water

2. Ali, A. and A., Yazar, 2007. Effect of micro-catchment water harvesting on soil-water storage and shrub establishment in the arid environment. International Journal of Agricultural and Biology 9(2): 302-306

3. Akhtar, A., A., Yazar, A.A., Atef, T., Owies and P. Hayek, 2010, Micro-catchment water harvesting potential of an arid environment, Agricultural Water Management 98 (2010) 96–104, www.elsevier.com/locate/agwat

4. Chawoshi, S. 1992, Comparison of tow rainwater storage methods: Pitting and Contour farrow and they affect in vegetation cover. Soil Conservation and Watershed Management Institute, Tehran, Iran (In Persian)

5. Coptu, G.N., 1994. Conserving for Plant Production, J. of Ecological Management. No. 70PP.322-332

6. Critchley W. and K. Siegert. 1991. Water Harvesting: a manual for the Design and Construction of Water Harvesting Scheme for Plant Production. http://www.fao.org/docrep/U3160E/u3160e00

7. Farshi, A.A., M.R., Shariati, R. Jarollahi, M.R. Ghaemi, M. Shahabifar and M.M. Tavallaei, 1997, An estimate of water requirement of main field crop and orchards in Iran, Volume 2: Orchards, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran (In Persian)

8. FAO-AGL, 2003. FAO Terrastat Database. http://www.fao.org/ag/agl/agll/terrastat

9. Gaderi, N. 2003, Rainwater harvesting system optimization based on durability increased moisture in the soil profile in Kurdistan, Final report of a research project, Natural Resource and animal Affairs Research center of Kurdistan, Kurdistan, Iran (In Persian)

10. Goddosi, J., Z. Shoaei, A. Telvari, M. H. mahdian and A. Gafori, 2003, Rainwater harvesting system project for environmental sustainable development, Scientific researches console of Iran (Agricultural Commission), Tehran, Iran (In Persian)

11. Hatibu, N. and H.F. Mahoo, 2000, Rain water harvesting for natural resources management, planning guide for Tanzania technical Handbook No:22.pp.144.

12.http://www.rainwaterharvesting.org/Rural/Traditional2.htm,2014,Solution to Water Crisis

13. Jahan Tiyg, M. 1997, Determination of the most common Rainwater harvesting systems efficiency, Final report of a research project, Soil Conservation and Watershed Management Institute, Tehran, Iran (In Persian)

14. Khojehi, A. and A Bernosi, 2005, Evaluation of different treatments on durability increased moisture in the soil profile in rhombus micro-catchments, 2Th International Conference of watershed and soil&water resources management, Bahonar university, Kerman, Iran (In Persian)

15. Krishna H. (2003). An overview of rainwater harvesting systems and guidelines in the United States. Proceeding of the first American rainwater harvesting conference.21-23 Aug Austin

16. Lal, R. 2001, World Cropland soils as source of sink for atmospheric carbon, Adv. Agron. 71:145-191

17. Li, X.Y., J.D., Gong and X.H., Wei, 2000. In-situ rainwater harvesting and gravel mulch combination for corn production in the dry semi-arid region of China. J. Arid Environ. 46, 371–382.

18. Musyoki, J. and D., Munyao,2014, Tree planting and management techniques under limited water availability, Guideline for Farmers and Extension Agents, Kenya Forestry Research Institute, www.kefri.org

19. Qadir, M. Sharma. B. R. Bruggeman, A. Choukr, Allah. Arajeh F.2007.Nonconventional water resources

www.SID.ir

Archive of SID

cultivation, Final report of a research project, Shiraz University, Shiraz, Iran (In Persian)
27. Shaheni, Gh.R.2006, Rainwater harvesting system optimization based on durability increased moisture in the soil profile, Final report of a research project, Soil Conservation and Watershed Management Institute, Tehran, Iran (In Persian)
28. Tabatabaei yazdi, J., S.A. haghighi moghadam, M. Ghodosi and H. Afsahr, 2010, Rainwater harvesting for wheat supplementary irrigation in Mashhad region, journal of soil and water science, Volume:2 (In Persian)
29. Tavakoli shirazi, N. and G. Akbari, 2013, An assessment of the advantages and disadvantages of rainwater harvesting methods, 2Th International Conference of Rainwater harvesting systems, Mashhad, Iran (In Persian)
30. Xiao,Y.L., X., Zhong-Kui, Y., Xiang-Kui, 2004. Runoff characteristics of artiHcial catchment materials for rainwater harvesting in the semiarid regions of China. Agricultural Water Management 65, 211–224.
31. Yaddollahi, A., N. Taymori and S. Sarikhani khorrami, 2012, An Evaluation of integrated Rainwater harvesting system with super absorptive and organic materials for rainfed almond cultivation, Journal of agricultural water, Volume 26, No 1 (In Persian)
32. Yazar,A., M. Kuzucu, I. Celik, S.M. sezen and s.E. jacobsen, 2014, water Harvesting for Improved Water Productivity in Dry Environments of the Mediterranean Region Case study: Pistachio in Turkey, Journal of Agronomy and Crop Science, Vol 200 Issue 5, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12070/abstract
and opportunities for water Augmentation to achieve food security in water scarce countries. Agricultural water management.87:2-22.
20. Oweis, T. and A., Hachum, 2003. Improving water productivity in the dry areas of West Asia and North Africa. In: Kijne, W.J., Barker, R., Molden, D. (Eds.), Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 179–197.
21. Oweis, T. and A., Hachum, 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural Water Management (80): 57–73.
22. Oweis, T. and A., Hachum ,2012. Supplemental irrigation a highly efficient water-use practices Revised and extended 2nd edition. ICARDA, pp 13
23. Pacey, A and Cullis, A. 1986. Rain water harvesting: the collection of rainfall and run-off in rural areas. Intermediate Technology Publications, London.
24. Rogani, M.2007, Optimization of rainwater harvesting systems, Final report of a research project, Soil Conservation and Watershed Management Institute, Tehran, Iran
25. Sadeghzadeh Reyhan, M.E., D. Zareh haghi, and M.R. Nishabori, 2013, Evaluation of different rainwater harvesting methods for increasing of soil moisture and pistachio growth, journal of soil and water science, Volum:4, No:23 (In Persian)
26. Sepaskhah, A. and A. Kamkar Haghighi, 1997, Study of Rainwater harvesting system for rainfed grape

www.SID.ir