

## 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 مغاللو

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 آذربایجان شرقی باعث کاهش چشمگیر منابع آبی قابل دسترس شده و در همین زمان، سطح زیر کشت باغات و اراضی زراعی به صورت 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 به حساب 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 به صورت 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 فیلتر سنگریزه‌ای (تیمار C)، سامانه نیمه عایق با فیلتر سنگریزه‌ای (تیمار D) 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 تیمار D 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 ادعان داشت که استحصال آب باران از طریق سطوح عایق و نفوذ آن از طریق فیلتر سنگریزه‌ای راه کار مناسبی جهت مقابله با خشکسالی کشاورزی بوده و سهم بسزائی در تأمین آب مورد نیاز این بخش خواهد داشت.

کلمات کلیدی: سامانه سطوح آبگیر باران، فیلتر سنگریزه‌ای، استحصال آب باران، عون ابن علی.

Watershed Management Research (Pajouhesh &amp; 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. Yarahmadi: 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 (in 1 ha 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**

براساس آمار رسمی سازمان خواربار جهانی در سال ۲۰۰۳ سطح مناطق خشک و نیمه خشک جهان حدود ۶۱ میلیون کیلومتر مربع بوده که معادل ۴۶ درصد مساحت کره زمین می‌باشد. از نظر توزیع قاره‌ای، مساحت یاد شده ۱۴ درصد آمریکا وحاشیه اروپا، ۳۷ درصد افریقا، ۱۶ درصد استرالیا و ۳۳ درصد قاره آسیا را پوشش می‌دهد (اختر و همکاران، ۲۰۱۰). از مشخصه‌های بارز این قبیل مناطق، نزولات جوی اندک و نامنظم همراه با دمای هوای نسبتاً بالا است که منجر به محدودیت منابع آب قابل دسترس و به تبع آن، دشواری در استقرار کشاورزی پایدار می‌شود (موسیوکی و مون یو، ۲۰۱۴). بنابراین می‌توان گفت که اولین فاکتور محدود کننده استقرار پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک مقدار آب قابل دسترس در منطقه ریشه گیاه است (لال، ۲۰۰۱). مکانیسم مقابله با محدودیت منابع آبی عبارت از آبیاری تکمیلی برای استفاده بهینه از میزان آب محدود در مناطق دیم و استحصال آب باران جهت اطمینان از تأمین آب کافی برای استقرار و بقاء گیاه است (اویس و هاچمن، ۲۰۰۳). بخاطر محدودیت ذاتی منابع آبی در چنین مناطقی، گزینه آبیاری

تکمیلی ممکن است همواره میسر نباشد، بنابراین تنها گزینه منطقی و قابل حصول روش استحصال آب باران خواهد بود. استحصال آب باران عبارت‌است 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 سطوح طبیعی یا پشت بام‌ها می‌باشد (سایت RWI، ۲۰۱۴). واژه استحصال آب برای اولین بار در سال ۱۹۶۳ توسط گدس استفاده شده است. با این حال، استحصال آب باران یک ایده تازه‌ای نیست چرا که برخی محققان قدمت آن را ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می‌دانند. یعنی به عصر برنز و زمانی که تمدن‌های آسیایی و آفریقایی با جمع‌آوری آب باران توانستند در مناطقی که بارش سالانه کمتر از ۱۰۰ میلیمتر نیز کشاورزی را امکان‌پذیر سازند (توکلی شیرازی و اکبری، ۱۳۹۲). برخی نیز قدمت آن را در چین تا ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد می‌برند (کریشنا، ۲۰۰۳). اگر چه شناسایی علمی انواع سامانه‌های سطوح آبگیر باران در قالب واژه استحصال آب از کشور تونس توسط پاسی و کولیس (۱۹۸۶) گزارش شده، اما نخستین بار در فلسطین اشغالی توسعه یافته‌است. با وجود اینکه از هزاران سال پیش شیوه‌های

نزولی به سطح سامانه تعیین کردند. نتایج آنها نشان داد که کارائی کلی سامانه‌های استحصال آب باران بسته به سطح آن‌ها و ظرفیت منطقه ریشه گیاه از ۲/۹ درصد تا ۷۹ درصد متغیر بوده و سامانه پوشش پلاستیکی بالاترین کارائی را نسبت به سایر تیمارها دارد.

سپاسخواه و کامکار حقیقی (۱۳۶۷) علاوه بر بررسی نحوه افزایش رطوبت در خاک، راندمان استحصال آب و افزایش محصول را نیز در کرت‌های کوچک بررسی نموده و اثر بخش بودن آن را مورد تأیید قرار داده‌اند. خواجه‌ای و برنویسی (۱۳۸۴) به بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر افزایش ماندگاری رطوبت در پروفیل خاک در سامانه‌های آبیگری لوزی شکل با پنج تیمار آزمایشی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تیمار استفاده از پوشش پلاستیکی، حفاظ سنگریزه‌ای به ضخامت پنج سانتیمتر و بکارگیری فیلتر سنگریزه‌ای در سطح چاله، دارای بیشترین مقدار حفظ رطوبت بوده و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای طرح دارد.

شاهینی ۱۳۸۵ طی تحقیقی در استان گلستان در مورد بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های ذخیره نزولات آسمانی به منظور افزایش رطوبت پروفیل خاک اظهار داشتند که بین روش‌های عایق، نیمه عایق و طبیعی، روش عایق جهت جمع‌آوری آب باران برای کاشت نهال بهترین روش بوده و از نظر آماری با بقیه روش‌ها دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. از دیگر کارهای تحقیقاتی که در ایران تحت عنوان بهره‌برداری از آب باران انجام گرفته است می‌توان به کارهای چاووشی (۱۳۷۱) و جهان تیغ (۱۳۷۶)، طباطبائی و همکاران (۱۳۹۰) اشاره کرد که در آن‌ها تنها به استفاده از نزولات در افزایش رطوبت خاک توجه شده است.

با توجه به استمرار خشکسالی‌های اخیر استان آذربایجان شرقی و به تبع آن کاهش چشمگیر منابع آبی قابل دسترس، افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی، خشک شدن و پسروری دریاچه ارومیه و گسترش سطح اراضی شور حاشیه آن از یک سو، افزایش سطح زیر کشت باغات و اراضی زراعی نیز که شدیداً وابسته به منابع آب زیرزمینی بوده از سوی دیگر، ضرورت تحقیق در زمینه استفاده از منابع آب جایگزین و نیز روش‌های صرفه جویی در مصرف بهینه آن دو چندان می‌نماید. در همین راستا، این تحقیق با هدف استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای به منظور بهینه‌سازی نفوذ آب استحصالی از نزولات جوی به منطقه ریشه گیاه و افزایش ذخیره رطوبتی در آن منطقه و بصورت پایلوت در سطح یک هکتار در دامنه‌های جنوب غربی کوه عون این 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 شمال شهر تبریز قرار دارد. این منطقه به لحاظ موقعیت جغرافیایی دارای مختصات ۳۸ درجه و ۰۶ دقیقه و ۱۴ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۰۶ دقیقه و ۵ ثانیه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه و ۵۵ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۴ ثانیه طول شرقی می‌باشد (شکل ۱). ارتفاع

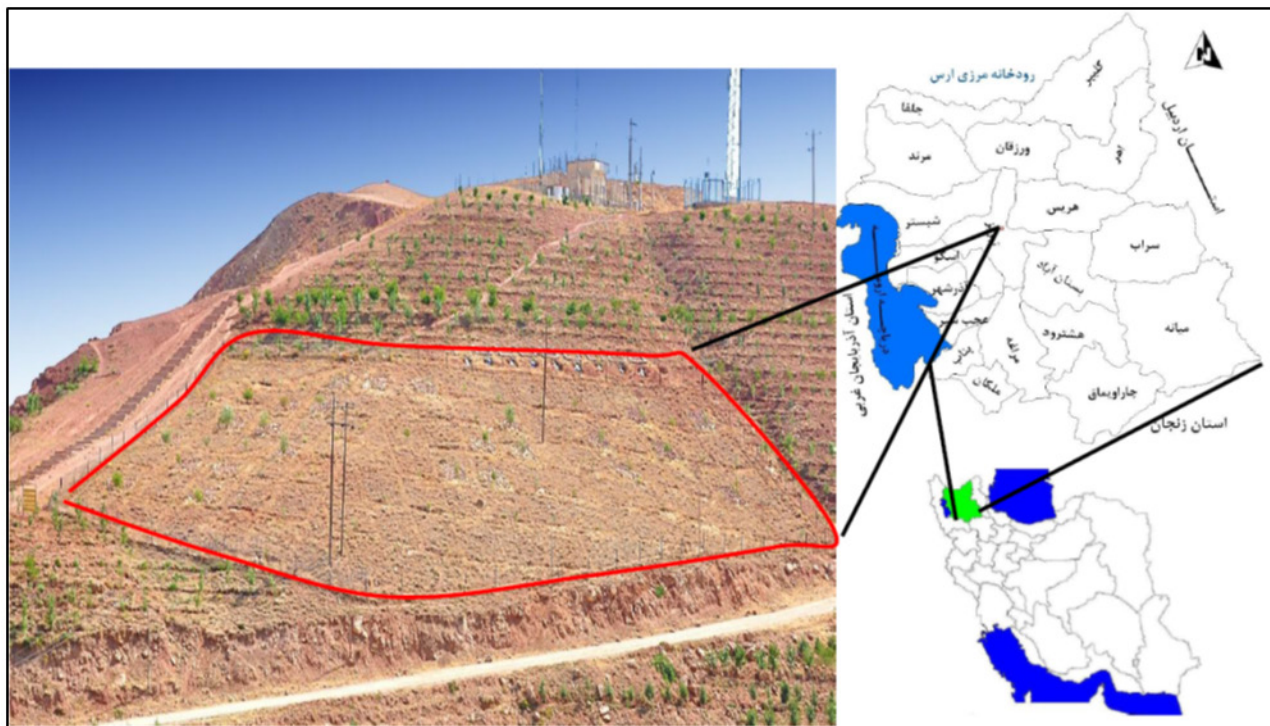
مختلف استحصال آب باران جهت مقابله با کمبود آب بکار گرفته شده است ولی هنوز هم استفاده از تکنیک‌های توسعه یافته آن جهت تامین بخشی از نیاز آبی مصارف کشاورزی در سال‌های اخیر رایج است (ادهم و همکاران، ۲۰۱۶).

ریچ و همکاران (۱۹۸۸) با بهره‌گیری از طبقه‌بندی انجام شده قبلی نسبت به تشریح انواع سامانه‌های سطوح آبیگری باران در قالب استحصال آب برای تولیدات گیاهی اقدام نموده‌اند (قدوسی و همکاران ۱۳۸۲). گوپتا (۱۹۹۴) نشان داد که با استحصال آب باران و نفوذ رواناب آب حاصل از آن، رشد محصول و تولید بیوماس گیاهان در تیمار با حوضچه‌های جمع‌آوری آب باران با شیب ۲۰ درصد، بیشترین کارایی را داشته و بالاترین مقدار رواناب را ذخیره کرده است. 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 پلاستیک 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 بررسی و مقایسه میزان رواناب تولیدی شش سطح مختلف شامل دامنه لسی شیب‌دار، دامنه لسی بدون شیب، بتن، آسفالت، پلاستیک و پلاستیک پوشیده شده با شن پرداختند. نتایج آنها حاکی از میزان بالای رواناب تولیدی سطح آسفالت (با ضریب رواناب ۰/۸۱-۰/۷۴) و پلاستیک (با ضریب رواناب ۰/۷۶-۰/۵۷) نسبت به سایر سطوح است. علی و یازار (۲۰۰۷) (نشان دادند که سامانه‌های جمع‌آوری آب باران، رطوبت حجمی خاک را از ۱۷ درصد به ۷۰ درصد افزایش می‌دهد. لال (۲۰۰۸) گزارش کرده که جمع‌آوری آب باران در قالب کارهای مدیریتی می‌تواند مقادیر کربن خاک را افزایش داده، میزان و شدت تغییرات آب و هوایی کاهش یافته، افزایش بهره‌وری کشاورزی و امنیت غذایی را به همراه خواهد داشت. اویس و هاچوم (۲۰۰۳، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲) معتقدند که جمع‌آوری آب باران می‌تواند در بهبود پوشش گیاهی، افزایش ظرفیت چرایی و به نوعی کاهش یا توقف تخریب محیط زیست در مناطق خشک، که از پدیده بیابان‌زایی متضرر بوده و به عنوان یکی از مسائل مهم تأثیرگذار در این مناطق هست، مفید باشد. هاچینسون و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که تکنیک‌های استحصال آب عمدتاً می‌توانند در جایی که هزینه‌های از دست رفتن زمین و نیروی کار پایین است، جهت حفظ زیر ساختارهایی که ارتباط کمتری به ارزش آب استحصال شده و تولیدات آن دارد، موفق باشند. یازار و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به ارزیابی تکنیک‌های استحصال آب با تأکید بر میکروکچمنت‌ها در قالب طرح آزمایشی با پنج تیمار مختلف (تیمار شاهد، پوشش نایلونی، پوشش سنگریزه، تیمار با سطح علفه خشک و سطح فشرده شده) در ترکیه پرداختند. با تحلیل داده‌های بارش، رواناب، مساحت حوزه، ذخیره رطوبت خاک و تبخیر و تعرق گیاه اقدام به پایش بیان آب موجود در منطقه ریشه گیاه پسته نمودند. آنها کارائی کلی سیستم استحصال آب باران را از طریق مقایسه نسبت مقدار آب ذخیره شده و مورد استفاده توسط گیاه به مقدار آب باران

سانتیگراد و متوسط بارش سالیانه آن ۲۶۰ میلی‌متر 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.

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 حدود ۱۲ درجه



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

سپس، سامانه‌های سطوح آبیگر 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 آبیگر ۲- تیمار (B) سامانه‌ی که در آن پوشش گیاهی و سنگریزه سامانه جمع آوری گردیده همراه با فیلتر سنگریزه‌ای ۳- تیمار (C)، سامانه آبیگر همانند تیمار B بوده ولی بدون بکارگیری فیلتر سنگریزه‌ای ۴- تیمار (D) -سامانه آبیگر با عایق نمودن بخشی از سطح سامانه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای ۵- تیمار (E) سامانه آبیگر 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).

$$V = \frac{A \times h \times C}{n} \quad (2)$$

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

### روش پژوهش

مدت اجرای این پروژه ۵ سال بوده و برای عملیاتی شدن آن، در گام نخست اقدام به محاسبه ابعاد سامانه‌های سطوح آبیگر 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).

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

در این رابطه MC: مساحت آبیگر به متر مربع، RA: متوسط گسترش ریشه گیاه مورد نظر به متر مربع 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 بذکر است 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-مانتیت در برنامه کراب وات محاسبه شده است (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶).

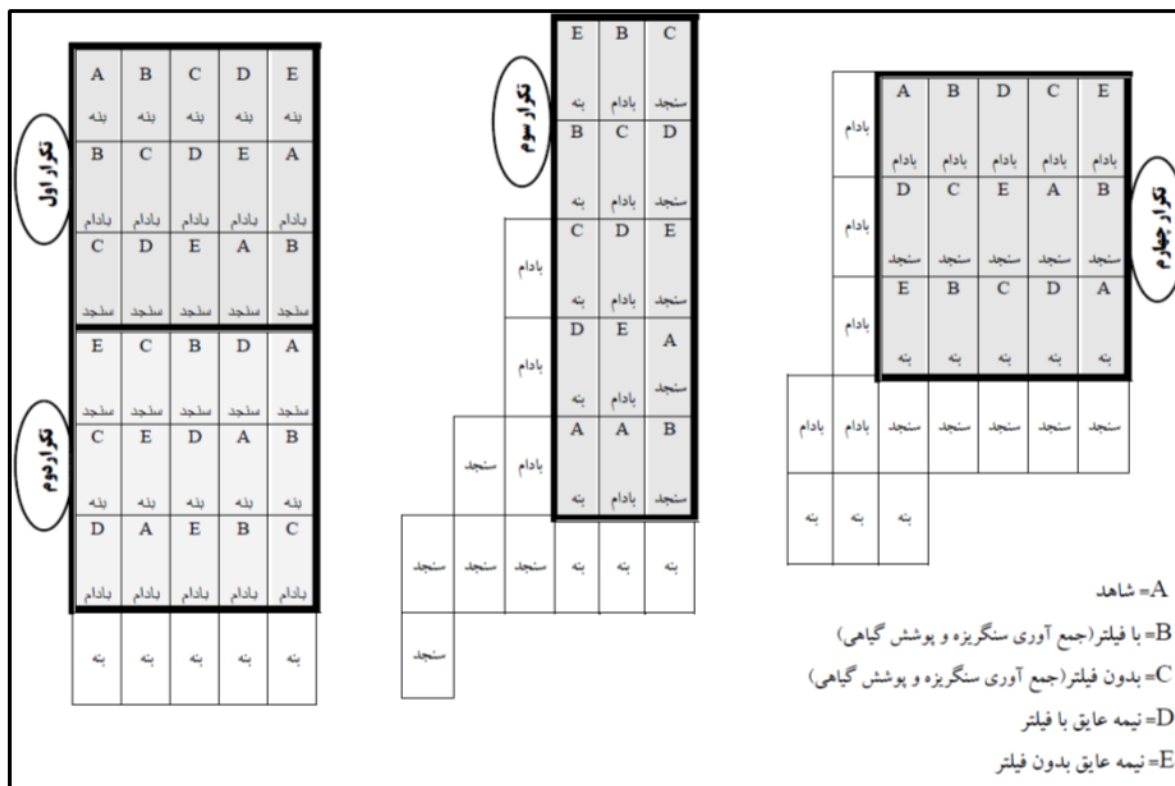
کاشت نهال ایجاد گردید. ابعاد چاله‌ها براساس رابطه (۲) به قطر ۹۰ سانتیمتر و عمق ۶۰ الی ۸۰ سانتیمتر تعیین گردید. در اطراف هر چاله نیز بانکت‌های هلالی شکل طراحی گردید تا از این طریق رواناب‌های حاصله از سطح سامانه‌ها به داخل چاله هدایت شوند.

باتوجه به قرارگیری محل اجرای طرح در داخل پارک عون ابن علی، تیمار شاهد (A) همانند شرایط 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 تیمار B از فیلتر سنگریزه‌ای استفاده شد ولی تیمار C بدون فیلتر سنگریزه‌ای بود. تیمارهای D و E به‌عنوان کرت‌های نیمه عایق در نظر گرفته شدند. در این حالت، نیمی از سطح کرت‌ها از طریق پوشش نایلونی زخیم عایق شده تا مانع نفوذ رواناب به زمین شده و رواناب حاصله بصورت مستقیم به داخل چاله غرس نهال‌ها هدایت شود. بخاطر جلوگیری از پوسیده‌گی ناشی از تابش مستقیم آفتاب و سوراخ شدن پوشش نایلونی، سطوح نایلونی کرت‌ها از طریق خرده سنگ‌های محلی مجدداً پوشش داده شدند. تیمار D همراه با فیلتر سنگریزه‌ای بوده در حالیکه در تیمار E از فیلتر سنگریزه‌ای 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 تحقیق، ۲۴ ساعت بعد از وقوع هر بارندگی، میزان رطوبت حجمی خاک در اعماق ۲۰ و ۵۰ سانتیمتری چاله‌های مربوط به نهال بادام توسط دستگاه TDR اندازه‌گیری شد.

در کف چاله و در دو نقطه همجوار با نهال به منظور نفوذ سریع رواناب، توزیع آن در منطقه ریشه و همچنین انجام آبیاری تکمیلی ایجاد گردید. به منظور اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک و مقایسه تغییرات آن در هر کدام از تیمارها، دو سنسور بصورت میله‌های عمودی در اعماق ۲۰ و ۵۰ سانتیمتری در هریک از چاله‌ها تعبیه گردید. ساخت و تهیه سنسورهای یاد شده توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری صورت گرفت. درصد رطوبت حجمی هر یک از تیمارهای مورد نظر در اعماق ۵۰ و ۲۰ سانتیمتری بوسیله 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 براساس رابطه (۱) و متناسب با شرایط توپوگرافی موجود محل اجرای طرح و دیگر پارامترهای فوق‌الذکر محاسبه گردید. بر همین اساس، سامانه‌ها در اشکال مستطیلی در ابعاد ۴۰ مترمربع (۸\*۵) با پشته خاکی و ۷/۵\*۴/۵ متر مربع بدون پشته تعیین شدند. همانطوریکه پیش‌تر نیز ذکر شد طرح آماری پروژه حاضر بصورت کرت‌های خرد شده و بلوک‌های کاملاً تصادفی با پنج تیمار اصلی (سامانه‌های مختلف سطوح آبگیر) و سه تیمار فرعی (سه گونه درخت، بادام، بنه و سنجد) در چهار تکرار در نظر گرفته شد. پلان سامانه‌های احداثی و نقشه کاشت در شکل (۲) نشان داده شده است. متناسب با مساحت منطقه و روش آماری مذکور در مجموع ۶۰ سامانه در محل اجرای طرح احداث و در انتهای هر سامانه نیز چاله



شکل ۲- پلان تیمارها و نقشه کاشت

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.

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 اثر متقابل (عایق × فیلتر) بر روی

جدول ۱- 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 در عمق 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

\* چاله D (نیمه عایق با فیلتر فیلتر سننگریزه‌ای) با میانگین رطوبت ۳۵/۹ بطور معنی‌داری بالاترین رطوبت 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) به 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 شاهد با میانگین ۲۲/۴ بطور معنی‌داری کمترین میزان رطوبت را دارد.

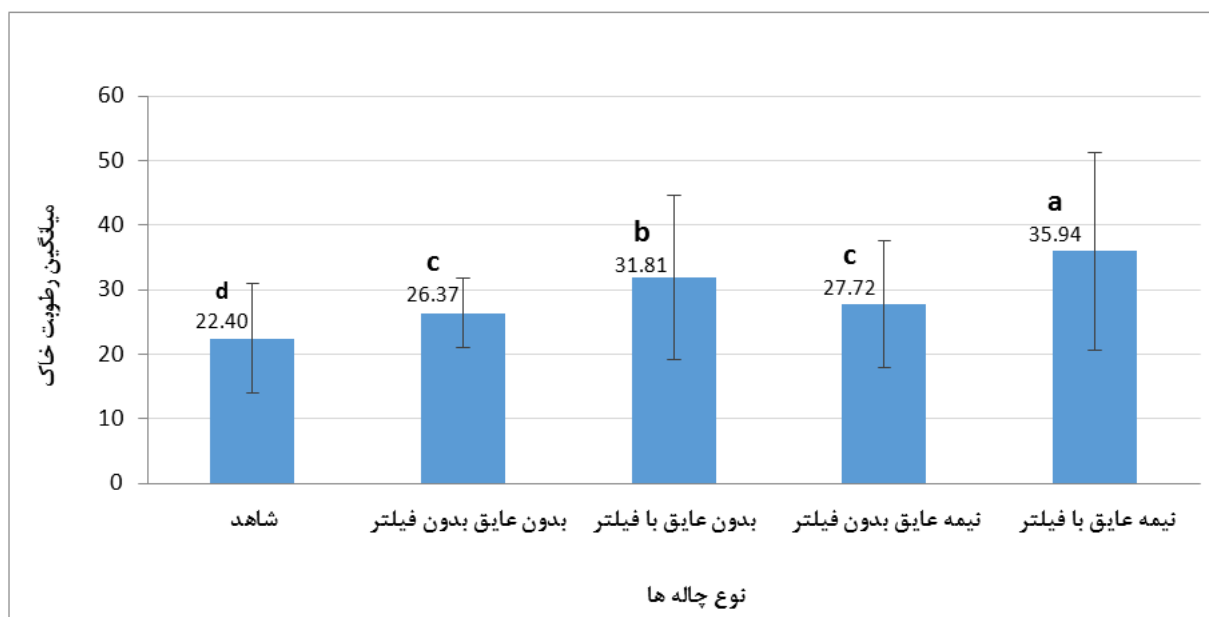
در مرحله بعدی، تغییرات رطوبت خاک در عمق ۲۰ سانتیمتری پروفیل خاک در تیمارهای مختلف تحت تأثیر وجود یا عدم وجود فیلتر سننگریزه‌ای در آن‌ها بررسی و نتایج مربوطه در جدول (۳) ارائه شده‌است. همانطوریکه پیداست، میانگین رطوبت خاک در سامانه‌های بدون فیلتر ۲۵/۱ و در چاله‌های با فیلتر ۳۳/۸ می‌باشد که با توجه به نتایج آنالیز واریانس ( $F=13.4, p > 0.01$ ) اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. به عبارتی میزان رطوبت خاک در سامانه‌های 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 شده‌است. با توجه به این موارد می‌توان استنباط نمود که:

جدول ۳- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک در عمق ۲۰ cm بر اساس داشتن فیلتر سننگریزه‌ای

فیلتر سننگریزه‌ای	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 ۴- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک در عمق ۲۰ cm بر اساس داشتن فیلتر سننگریزه‌ای

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



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

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.

**مقایسه رطوبت خاک در چاله‌های نمونه برداری در عمق ۵۰ سانتی متری**  
در این قسمت نتایج حاصله از بکارگیری تأثیر فیلتر سنگریزه‌ای بر

جدول ۵- آنالیز واریانس دو راه جهت بررسی میزان رطوبت خاک چاله‌های نمونه برداری در عمق ۵۰ سانتیمتری

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
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		

۲۶/۴ می‌باشد که با توجه به نتایج آنالیز واریانس ( $f=2.95, p>0.05$ ) اختلاف معنی داری 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 آنالیز

نتایج تحلیل واریانس دو طرفه نشان می‌دهد که هم اثرات اصلی (عایق و فیلتر) و هم اثر متقابل (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 سطح 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



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.

واریانس ( $F=12.7, p>0.01$ ) 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 دانکن بررسی و نتایج آن در جدول (۸) و شکل (۴) ارائه شده است. با توجه به این موارد می‌توان استنباط 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

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

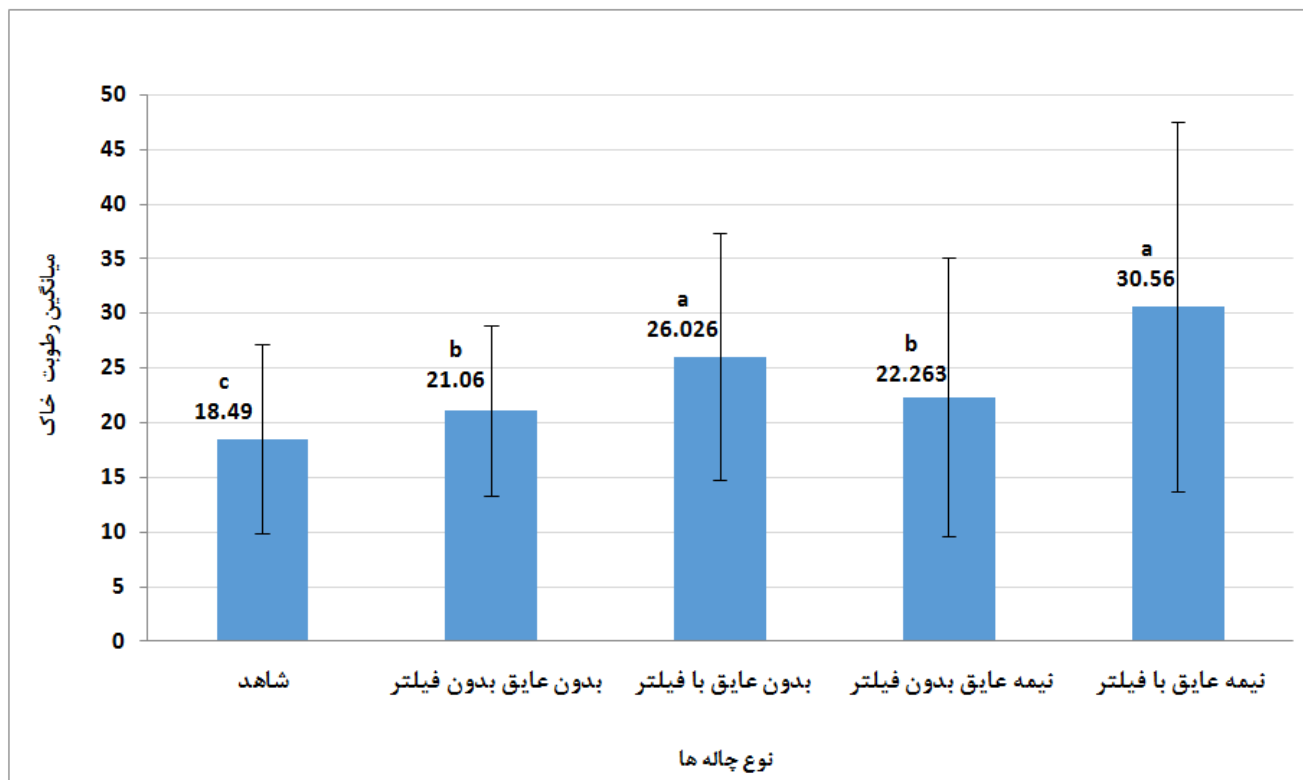
عایق	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین
سامانه‌های بدون عایق	89	21.90	9.78	4.30	58.30
سامانه‌های نیمه عایق	60	26.42	15.40	3.20	66.00
کل	149	23.72	12.502	3.20	66.00

جدول ۷- میانگین، انحراف معیار کمترین و بیشترین میزان رطوبت خاک در عمق 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 در عمق 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



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

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 (۱۳۹۰) تأیید شده است. بنابراین می‌توان ادعا 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

### 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 فیلتر سنگریزه‌ای بیشتر از تأثیر سطح عایق است. بطوریکه در سامانه‌های E و C که از فیلتر سنگریزه‌ای 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 فیلتر سنگریزه‌ای 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 توأم از مالچ سنگریزه و سطوح عایق به منظور استحصال آب باران و تولید رواناب در نتایج تحقیقات لی و همکاران (۲۰۰۰) و زیابو و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده شده است. همچنین تأثیر سامانه‌های سطوح آبگیر باران در افزایش رطوبت حجمی خاک در

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. Gafari, 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](http://www.kefri.org)
19. Qadir, M. Sharma. B. R. Bruggeman, A. Choukr, Allah. Araje F. 2007. Nonconventional water resources

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. بدین وسیله 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](http://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](http://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)

- 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. haghghi 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 artificial 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 khorrani, 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 haghgi, and M.R. Nishabari, 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 Haghghi, 1997, Study of Rainwater harvesting system for rainfed grape

