

## بررسی تأثیر سامانه‌های سطوح آبخیز بر رطوبت خاک برای احداث باغات دیم در اراضی شیبدار

پرویز عبدی‌نژاد<sup>۱\*</sup> و محمد روغنی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران و <sup>۲</sup> استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۵

### چکیده

تحقیق حاضر در ایستگاه تحقیقاتی قره‌چربان، واقع در شمال غرب شهر زنجان اجرا شده است. سطوح آبخیز باران مورد آزمایش، به ابعاد ۸×۵ متر با تیمارهای شاهد (A)، بدون پوشش گیاهی و سنگریزه و با فیلتر سنگریزه‌ای (B) و بدون فیلتر سنگریزه‌ای (C)، عایق بودن بخشی از سامانه و با فیلتر سنگریزه‌ای (D) و بدون فیلتر سنگریزه‌ای (E) در قالب طرح آزمایشات بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار می‌باشند. داده‌برداری از اول اردیبهشت لغایت اواخر شهریور سال ۱۳۹۲ به تعداد نه واقعه بارندگی روزانه، دو بار آبیاری با فاصله ۶۰ روز برای هر نهال ۴۵ لیتر و ۳۳ بار اندازه‌گیری رطوبت در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر صورت گرفت. نتایج نشان داد که در تیمار شاهد بارندگی‌های فصل بهار نتوانسته تولید رواناب کند و تأثیری بر افزایش مقدار رطوبت خاک نداشته است. در دو تیمار B و C نسبت به حالت شاهد تأثیرپذیری رطوبت خاک از بارش روزانه بیشتر شده و افزایش نشان می‌دهد. در تیمارهای D و E تأثیرپذیری رطوبت خاک از بارش روزانه خیلی بیشتر شده، حتی تا ۳۰ درصد افزایش حجمی را نشان می‌دهد که به دلیل وجود سامانه دارای سطح عایق و غیر قابل نفوذ بودن سطح سطوح آبخیز بوده که به بارش‌های کم هم واکنش نشان داده است. روند زمانی متوسط رطوبت در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متری در همه تیمارها تقریباً بر هم منطبق هستند. به طوری که توزیع رطوبت در حد فاصل عمق ۲۰ الی ۵۰ سانتی‌متر دارای تفاوت قابل توجه با هم نیستند. ولی بعضاً رطوبت عمق ۲۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۵۰ سانتی‌متر است.

**واژه‌های کلیدی:** استحصال آب باران، پروفیل رطوبتی خاک، رواناب، فیلتر سنگریزه‌ای، زنجان

### مقدمه

(Chavez, ۲۰۱۱؛ Sekar و Randhir, ۲۰۰۷). کاهش روند سریع تخریب منابع و فراهم کردن زمینه‌های مناسب در جهت دسترسی به توسعه پایدار، مستلزم ارائه الگوهای علمی و عملی مبتنی بر فرهنگ آبخیزنشینان می‌باشد. نظر به این‌که استفاده از

افزایش سریع جمعیت جهان، کاهش منابع آبی و تغییرات اقلیمی بررسی راه‌کارهایی برای افزایش محصولات تولیدی کشاورزی و باغی در کنار مصرف بهینه آب را امری اجتناب‌ناپذیر ساخته است

زمین می‌باشد (Biazin و همکاران، ۲۰۱۲؛ Mazari و Tumbo، ۲۰۱۰؛ Yuen و همکاران، ۲۰۰۱).

این سامانه‌ها شامل روش‌هایی هستند که موجب تمرکز ریزش‌های جوی و رواناب‌های سطحی قبل از ورود به رودخانه‌های دائمی می‌شوند و با ذخیره‌سازی آب جمع شده، آن‌را در اختیار هدف مورد نظر قرار می‌دهند. با توجه به شرایط اقلیمی استان زنجان که در بیشتر مناطق آن، آبخیزها در فصول بهار و تابستان با توزیع زمانی و مکانی نامناسب بارندگی و کمبود مقطعی آب مواجه‌اند، به‌منظور بررسی استفاده از سامانه‌های مذکور در انجام آبیاری تکمیلی و یا تعیبه سامانه‌های ذخیره آب باران در ماه‌های پر باران و توزیع آب به پای گیاهان در ماه‌های خشک و گرم از ضروریات است. به‌طوری که با استفاده از این سامانه‌ها می‌توان نسبت به ایجاد و گسترش کاشت نهال‌های درختان مثمر در راستای باغداری دیم در اراضی شیب‌دار اقدام کرد.

تحقیق حاضر به بررسی تأثیر استفاده از سامانه‌های سطوح آبخیز بر رطوبت خاک برای احداث باغات دیم در اراضی شیب‌دار می‌پردازد که در صورت اجرای مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر مهمی در افزایش تولیدات گیاهی خواهد داشت.

#### سوابق تحقیق در داخل و خارج از کشور با

**تاکید بر نتایج آن‌ها:** از دیدگاه کلی سامانه‌های سطوح آبخیز باران به دو گروه: سنتی و نوین تقسیم‌بندی می‌شوند. علت این امر، صرف‌نظر از اندازه سطوح آبخیز، موقعیت مکانی احداث آن‌ها، نوع و چگونگی ذخیره‌سازی آب‌های جمع‌آوری شده و موارد مصرف آن‌ها، امکان‌پذیری پذیرش و به‌کارگیری آن‌ها به‌وسیله مردم است که نکته مهم در اشاعه فرهنگ مدیریت و استفاده بهینه از ریزش‌های جوی به حساب می‌آید. سامانه جمع‌آوری آب باران روشی برای استفاده مطلوب‌تر از منابع آب باران با هدف افزایش کیفیت و کمیت ذخیره آب در ناحیه گسترش ریشه گیاه می‌باشد. این سامانه در واقع روشی مصنوعی است که باعث جمع‌آوری آب باران برای استفاده‌های کشاورزی و غیره می‌شود و به‌طور معمول شامل حوضچه‌ای است که بازده رواناب را افزایش می‌دهد و از این نظر سبب ذخیره آب باران درون حوضچه

سامانه‌های ذخیره نزولات آسمانی در کشور دارای پیشینه تاریخی بوده، ریشه در فرهنگ این مرز و بوم دارد. بر این اساس، با توجه به تغییرات ایجاد شده در اکوسیستم و محیط زیست عرصه‌های طبیعی که عمدتاً ناشی از بهره‌برداری غیر اصولی از منابع آب و خاک طی چند دهه گذشته می‌باشد، لزوم بازنگری و بهینه‌سازی در سامانه‌های ذخیره نزولات آسمانی و ارائه تلفیقی از روش‌های مختلف را برای کسب نتایج بهتر در احیاء و توسعه منابع طبیعی تجدید شونده، ضروری ساخته است. در حال حاضر یکی از قدیمی‌ترین روش‌های مزبور، استحصال آب از سطوح آبخیز باران برای مصارف شرب، بهداشتی و کشاورزی می‌باشد. جمع‌آوری آب باران بدین طریق قدمت چندین هزار ساله داشته، از دیرباز در بسیاری از مناطق جهان و ایران مرسوم و معمول بوده است. هدایت آب از حوضچه‌ها به پای هر درخت از جمله این روش‌ها برای کشاورزی است. این روش در افریقای شمالی، افغانستان، استرالیا، هند، فلسطین اشغالی، مکزیک و پاکستان مورد استفاده بوده و بررسی‌هایی به‌وسیله محققین مختلف در این مناطق انجام شده است. در ایران نیز تعدادی از محققین بررسی‌هایی را در خصوص استفاده از سامانه‌های سطوح آبخیز باران برای تأمین آب مورد نیاز درختان انجام داده، نتایج رضایت بخشی را به‌دست آورده‌اند (Angoshtari و همکاران، ۲۰۰۷). وقوع سیلاب‌های شدید و بحران کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ضرورت مدیریت آبخیزها را با هدف توسعه پایدار در این گونه نواحی اجتناب‌ناپذیر می‌سازد (Masbah و همکاران، ۲۰۰۱).

این ضرورت در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به‌دلیل هم‌افزایی خشکی محیط با درجه حرارت بالا و ایجاد محدودیت‌هایی مضاعف برای بقای گیاهان و درختان و کاهش محصولات تولیدی بیش از پیش نمایان می‌شود. بر همین اساس، یکی از مواردی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای کاهش اثرات تنش آبی بر گیاهان و درختان همراه با اقدامات مناسب مدیریت اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از سامانه‌های جمع‌آوری آب باران و استفاده در جا از آب جمع‌آوری شده برای گیاهان و درختان و افزایش نفوذ آب باران به زمین، کاهش رواناب و تبخیر از سطح

انحراف این جبهه در جهت شیب افزایش نشان می‌دهد که این افزایش، تحت تأثیر نفوذپذیری خاک و میزان آب ورودی به آن قرار دارد (Mostafazadeh و همکاران، ۱۹۹۸). در بررسی دیگری (Sadeqzadeh، ۲۰۰۲) نتیجه گرفته است که استفاده از افزودنی‌های معدنی، صنعتی و مواد آلی در خاک در تامین رطوبت خاک و تداوم ماندگاری آن نقش موثری داشته است. در این تحقیق نیز نگارنده با به‌کارگیری تیمار فیلتر سنگریزه‌ای در سامانه سطوح آبیگر، تأثیر آن را در افزایش رطوبت خاک و کاهش تبخیر، در مقایسه با شرایط طبیعی خاک مقایسه نموده است. در بررسی دیگری (Yanni و همکاران، ۲۰۰۳) نتیجه گرفتند که استفاده از مالچ گراولی و یا فیلتر سنگریزه‌ای نقش قابل توجهی در افزایش حجم آب خاک در محدوده ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری عمق خاک داشته است.

در تحقیق انجام شده در سه استان گلستان، کرمانشاه و خراسان در خصوص بررسی تأثیر شکل سامانه‌ها روی افزایش مقدار آب ذخیره شده در پروفیل خاک، نتایج ثبت شده تا این زمان حاکی از کارایی نسبتاً محسوس سامانه لوزی شکل در مقایسه با سطوح مسطح و هلالی شکل بوده است. این در حالی است که سامانه مسطح ضمن سهولت اجرا از هزینه اجرائی کمتری نیز برخوردار می‌باشد (Angoshtari، ۲۰۰۳). در تحقیقات یاد شده، علاوه بر شکل سامانه، تأثیر پوشش سطحی نظیر بستر طبیعی زمین و پوشش‌های عایق (نایلون) نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله بیانگر تأثیر به‌کارگیری سطوح عایق خصوصاً در بارش‌های با مقدار کم می‌باشد. این موضوع در طرح بهینه‌سازی سامانه‌های سطوح آبیگر استان گلستان تأثیر بسیار مهمی در استقرار نهال‌های زیتون داشته است (Shahini، ۲۰۰۳).

Sepaskhah و Fooladmand (۲۰۰۴) مدلی برای شبیه‌سازی بیلان آب خاک برای انگور دیم در ریزحوضه‌های کشت ارائه کردند و نتایج مدل ابداعی را با داده‌های اندازه‌گیری شده رطوبت حجمی در عمق ۱۲۰ سانتی‌متری و مجموع میزان آب خاک تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری در طی سال‌های زراعی ۶۲-۶۳ تا ۶۴-۶۵ مقایسه کردند. Hosseini و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر پوشش پلاستیکی در تولید رواناب و نگهداشت

می‌شود. سامانه جمع‌آوری آب باران در ریزحوضه‌های کشت می‌تواند آب حاصل از رواناب بارندگی را در ناحیه ریشه گیاه در خاک ذخیره کرده و رشد گیاه را تامین کند. این روش بیشتر در مناطق خشک و نیمه‌خشک به کار می‌رود. در ریزحوضه‌های کشت که به شکل لوزی و یا مستطیل است، آب باران درون ریزحوضه ذخیره شده، به تدریج مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. درون ریزحوضه‌ها فقط یک درخت یا بوته قرار می‌گیرد و ابعاد ریزحوضه بر اساس معادله‌های موجود قابل طراحی است. ریزحوضه‌ها به سادگی قابل ساخت هستند، به طوری که در امتداد شیب زمین پشته‌هایی به ارتفاع حدود ۱۵ سانتی‌متر ایجاد شده، به این ترتیب سطح اراضی به حوضچه-هایی با ابعاد معین تقسیم می‌شود. سپس در پایین‌ترین نقطه هر حوضچه، گودال نفوذی به عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر ایجاد شده و یک بوته مانند انگور درون آن کاشت می‌شود (Sepaskhah و همکاران، ۱۹۹۲). نتایج تحقیقات انجام شده در منطقه باجگاه در استان فارس در طی سال‌های زراعی ۶۲-۶۳ تا ۶۵-۶۶ نشان داد که در صورت استفاده از ریزحوضه‌های کشت به ابعاد ۶/۷ متر در دو متر به دلیل افزایش رطوبت خاک، عملکرد انگور دیم نسبت به شرایط کشت در خارج از ریزحوضه‌ها افزایش می‌یابد (Sepaskhah و همکاران، ۱۹۹۲). درک فرایندهای حرکت زیرقشری آب در سطوح شیبدار موضوع مهم دیگری است که به‌کارگیری آن کمک مهمی در بهینه‌سازی سامانه‌های ذخیره نزولات ایفا خواهد نمود. بررسی انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که در دامنه‌های شیبدار، مولفه افقی جریان که به صورت سطحی و یا زیرسطحی حادث می‌شود، بر مولفه عمودی جریان غلبه دارد. طرح‌های تحقیقاتی متعددی با هدف ذخیره طبیعی ریزش‌های جوی، افزایش نگهداری رطوبت در خاک و کاهش تبخیر به‌وسیله محققین مختلف اجرا شده است. در تحقیقی که در زمینی با شیب‌های پنج و بیشتر از پنج درصد انجام گرفته است، نتایج نشان می‌دهد که در شیب کمتر از پنج درصد عمق جبهه خیس شده بیشتر می‌باشد. در اراضی بیشتر از پنج درصد با افزایش شیب زمین، از عمق جبهه رطوبتی کاسته شده و

به داده‌های ثبت شده استخراج شد (جدول ۲). میزان فراوانی وقایع بارندگی روزانه و مقدار بارندگی روزانه منجر به تولید رواناب در طول سه سال متوالی (۱۳۸۸ الی ۱۳۹۰) نشان می‌دهد که مناسب‌ترین ماه از نظر فراوانی بارش اردیبهشت و بدترین آن مرداد هر سال و بعد از اردیبهشت، ماه‌های مناسب به ترتیب ماه‌های فروردین و آبان است. از آنجا که در آبان و فروردین نیز نیاز آبی گیاهان به کمترین مقدار می‌رسد، لذا ماه اردیبهشت برای جمع‌آوری آب باران مهم‌ترین ماه است (Rezaei, ۲۰۱۲). برای اندازه‌گیری بارندگی یک دستگاه باران‌سنج در محل اجرای طرح نصب شد. در طول دوره آماربرداری میانگین بارندگی‌های روزانه منجر به تولید رواناب (کمینه در ارتباط با تیمار عایق) برابر با ۹/۷ میلی‌متر و در مقابل، میانگین عمق رواناب نظیر در طول دوره آماربرداری، برای تیمار عایق ۴/۴۳، برای تیمار نیمه‌عایق ۰/۶۷ و برای تیمار دست‌نخورده ۰/۱۴ میلی‌متر و ضریب رواناب آن‌ها نیز به ترتیب ۴۵/۷، ۶/۹ و ۱/۵ درصد بوده است (Rezaei, ۲۰۱۲).

همان‌طور که از مقادیر بارندگی منطقه اجرای طرح پیداست، فصل خشک از اواخر خرداد شروع و تا مهر ماه ادامه دارد. بنابراین، منطقه در ۴۰ درصد از طول سال با کمبود بارش مواجه است. از آنجایی که این کمبود بارش، مربوط به فصل رویش گیاه یعنی نیمه اول سال است، نقش سامانه‌های جمع‌آوری آب برای گیاه در این دوره بسیار ارزنده می‌باشد. ولی به‌علت طولانی بودن دوره خشکی امکان ذخیره رطوبت خاک در ماه‌های بارندگی برای استفاده در دوره طولانی خشکی وجود نداشته، ضرورت ایجاد مخازن ذخیره رواناب برای آبیاری کمکی در ماه‌ها و سال‌های خشکسالی، امری ضروری است. بافت خاک سطحی (عمق صفر الی ۳۰ سانتی‌متر) دارای بافت لوم رسی ماسه‌ای و بافت لایه پائین (۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متر) عموماً به‌صورت لوم ماسه‌ای است (جدول ۱). با توجه به بافت خاک میزان FC در حدود ۲۷ درصد حجمی و میزان نقطه پژمردگی دائمی حدود ۱۷ درصد حجمی می‌باشد. خاک چاله‌ها برای کاشت نهال‌ها عبارت از مخلوط ۵۰ درصد کود دامی پوسیده برای افزایش مقدار و طول زمان نگهداری رطوبت خاک و ۵۰ درصد خاک اولیه چاله از عمق صفر الی

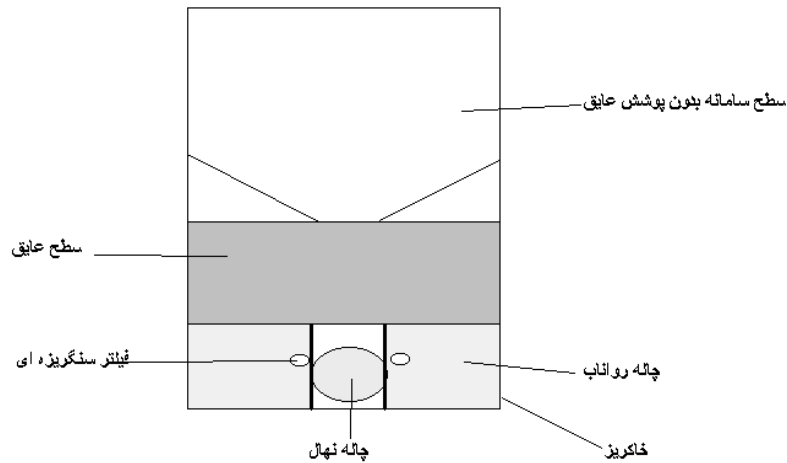
رطوبت خاک را بررسی و نتیجه گرفته‌اند که مقدار رطوبت در حالت ایزوله به مراتب بیشتر از تیمار شاهد بوده و در سطح اعتماد ۹۰ درصد اختلاف معنی‌داری از خود نشان دادند. در بررسی دیگری Qadari و همکاران (۲۰۰۶) نتیجه گرفتند که استفاده از فیلترهای شنی در سامانه‌های سطوح آبیگر به دلیل اجرای ساده‌تر و در دسترس بودن مصالح مورد نیاز به راحتی امکان‌پذیر و نقش قابل توجهی در نفوذ سریع‌تر رواناب و افزایش رطوبت خاک دارد.

**ویژگی‌های عمومی محل استقرار کرت‌های آزمایشی:** کرت‌های آزمایشی در مجتمع ایستگاه تحقیقاتی قره‌چریان در ۳۵ کیلومتری غرب شهر زنجان ایجاد شده است. نوع اقلیم محل نیمه‌خشک سرد، ارتفاع از سطح دریا ۱۸۰۰ متر، میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالانه حدود ۳۰۰ میلی‌متر است. از این میزان بارندگی سالانه تقریباً ۳۴ درصد در بهار، ۳۱ درصد در زمستان، ۳۱ درصد در پاییز و تنها حدود چهار درصد در تابستان نازل می‌شود.

کرت‌های آزمایشی با سه تکرار و پنج تیمار بر روی یک دامنه شیب‌دار با ابعاد هشت متر در جهت شیب و پنج متر عمود بر جهت شیب با مساحت ۴۰ متر مربع و در قالب طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی قرار گرفته‌اند. شیب متوسط دامنه قرارگیری کرت‌ها ۱۶ الی ۲۰ درصد و دارای جهت شرقی است که با استفاده از پشته خاکی احداث شده‌اند. در انتهای هر کرت یک اصله نهال از نوع درختان بادام و یا زردآلو کاشته شده است (از هر درخت در هر تیمار به تعداد دست‌کم سه مورد کاشته شده است) (شکل‌های ۱ و ۲). در این بررسی، اثر نوع این نهال‌ها و اقدامات انجام یافته در نحوه کاشت آن‌ها از قبیل افزودن کود دامی و یا کشیدن نایلون در دیواره پائین‌دست چاله نهال و ... در تغییرات میزان رطوبت خاک به دلیل داشتن شرایط یکسان برای همه بلوک‌ها لحاظ نشده، تنها به مقایسه تفاوت رطوبتی در بین تیمارهای مختلف سطح سامانه آبیگر پرداخته شده است. تعداد وقایع بارندگی روزانه در ایستگاه هواشناسی (واقع در فاصله ۱/۵ کیلومتری از محل طرح تحقیقاتی) و تعداد وقایع بارندگی روزانه منجر به تولید رواناب در محل استقرار کرت‌ها با توجه

پژمردگی دائمی کاهش یافته، آب قابل استفاده (AW) افزایش یافته است.

۶۰ سانتی‌متر است که بدین ترتیب خاک چاله‌ها نسبت به حالت اولیه اسفنجی شده و در نتیجه میزان رطوبت در حد ظرفیت مزرعه افزایش و در حد نقطه



شکل ۱- یک عدد کرت سامانه سطح آبیگر با تیمار عایق بودن بخشی از سامانه و با فیلتر سنگریزه‌ای



شکل ۲- نمائی از کشت نهال در سامانه آبیگر و دستگاه اندازه‌گیری رطوبت (TDR)

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی محدوده کرت‌های آزمایشی

شن sand %	لای silt %	رس Clay %	S.P %	واکنش گل اشباع pH of paste	هدایت الکتریکی EC Dsm <sup>-1</sup>	عمق Depth cm
۴۴	۲۸	۲۸	۳۸	۷/۷۵	۰/۴۵	۰-۳۰
۵۴	۱۴	۳۲	۴۳	۷/۷۹	۰/۳۰	۳۰-۶۰
۵۰	۲۶	۲۴	۳۴	۷/۶۸	۰/۶۰	۰-۳۰
۵۸	۲۲	۲۰	۳۲	۷/۶۰	۰/۳۹	۳۰-۶۰

روند افزایش و کاهش رطوبت خاک از روند افزایشی و کاهش بارندگی تبعیت می‌نماید.

در شکل ۳، روند زمانی تغییرات متوسط رطوبت خاک در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر در تیمار شاهد (A) که نشان‌دهنده وضعیت طبیعی خاک در منطقه است، را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل دیده می‌شود که رطوبت خاک کاملاً از روند افزایشی و کاهش بارندگی تبعیت می‌نماید. البته این تبعیت با کم تأخیر زمانی در بروز تغییرات رطوبت خاک است که مربوط به مدت زمان عبور آب از لایه‌های خاک و رسیدن به موقع مورد نظر می‌باشد که حالت طبیعی خاک است.

در شکل‌های ۴ و ۵ وضعیت تغییرات رطوبت خاک نسبت به تغییرات بارندگی در دو تیمار B و C (تیمارهای بدون پوشش گیاهی به ترتیب با فیلتر سنگریزه‌ای و بدون فیلتر سنگریزه‌ای) ارائه شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، روند به گونه‌ای است که نسبت به حالت شاهد تأثیرپذیری رطوبت خاک از بارش روزانه بیشتر شده، حالت افزایش نشان می‌دهد که این می‌تواند به دلیل نبود پوشش گیاهی در این دو تیمار و در نتیجه افزایش ضریب تولید رواناب در آن‌ها باشد. همچنین، در مقایسه این دو تیمار با هم دیگر نیز می‌توان دید که این روند افزایشی و تأثیرپذیری از بارش روزانه در تیمار B که دارای فیلتر سنگریزه است، بیشتر و بهتر بوده، میزان رطوبت خاک آن نیز بالاتر است که می‌تواند به دلیل وجود این فیلتر سنگریزه‌ای باشد (شکل ۴). چرا که وجود فیلتر سنگریزه‌ای در واقع باعث تسهیل حرکت آب در داخل خاک شده، مدت زمان و سرعت رسیدن رطوبت به عمق خاک را افزایش داده است. اما در حالت بدون فیلتر سنگریزه‌ای حرکت آب و رطوبت در داخل خاک از حالت طبیعی تبعیت کرده و با تأخیر زمانی و احیاناً تلفاتی در مسیر انتقال همراه بوده، در نتیجه روند افزایش کمتری نشان می‌دهد که این خود گویا نقش فیلتر سنگریزه‌ای در انتقال سریع رطوبت به عمق خاک است (شکل ۵). به‌طور کلی می‌توان گفت در تیمارهای B و C بارش‌های اتفاق افتاده تنها توانسته اند سطح خاک را خیس کرده و سپس در معرض تبخیر قرار گیرند که این بدین دلیل می‌تواند باشد که

با استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری TDR از اول اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ لغایت هجدهم شهریور ماه اندازه‌گیری رطوبت به‌صورت درصد حجمی انجام شد. در طی این مدت تعداد هشت واقعه بارندگی روزانه و دو بار آبیاری صورت گرفته است. زمان‌های آبیاری عبارت از ۱۳۹۲/۰۳/۲۹ و ۱۳۹۲/۰۵/۲۸ و به‌مقدار ۴۵ لیتر آب و زمان‌های بارش و مقدار آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. مقدار کل این بارش‌ها جمعاً ۵۳/۵۰ میلی‌متر بارندگی بوده است. اندازه‌گیری رطوبت شامل دو عمق ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر بوده، که با جای‌گذاری حسگرهای رطوبتی تدفینی در عمق‌های مزبور و با فواصل زمانی سه روز به‌طور مرتب و نیز بعد از هر بارندگی و یا آبیاری انجام شده است. بر این اساس تعداد ۳۳ داده رطوبت از دو عمق یاد شده خاک برداشت شد. با توجه به پیاده شدن کرت‌ها در قالب طرح آزمایشات بلوک‌های کاملاً تصادفی، برای بررسی معنی‌دار بودن تفاوت در رطوبت حجمی در تیمارهای مختلف از نرم‌افزار SAS استفاده شد. با استفاده از این نرم‌افزار آماره‌های F و مقدار احتمال خطا و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

### نتایج و بحث

رطوبت در اعماق مختلف خاک تابعی از بارندگی، عمق توسعه ریشه‌ها و میزان فاصله از سطح خاک به دلیل کاهش تبخیر می‌باشد. در شرایط یکنواخت و بدون بارندگی انتظار این است که در اعماق بیشتر میزان رطوبت خاک نسبت به اعماق کمتر، بیشتر باشد. اما با توجه به وقوع بارندگی‌های روزانه در فواصل زمانی چند روز و متغیر بودن مقدار آن قابل انتظار است که با توجه به عمق نفوذ آب باران در خاک بعضاً میزان رطوبت در عمق کم، بیشتر از مقدار آن در عمق زیاد می‌باشد. در جدول‌های ۳ تا ۵ نتایج تحلیل آماری تحقیق و در شکل‌های ۳ تا ۷ رابطه بین درصد رطوبت خاک در اعماق ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متری با مقدار بارش روزانه در تیمارهای مختلف تحت آزمایش ارائه شده است. با دقت در این جداول و شکل‌ها می‌توان گفت در تیمار شاهد بارندگی‌های فصل بهار (به مقدار ۵۳/۵۰ میلی‌متر) نتوانسته باعث تولید رواناب شود و در نتیجه تأخیری بر افزایش مقدار رطوبت خاک به دلیل کمی بارش داشته باشد. ولی

یک بارش روزانه می‌تواند حاصل جمع چندین بارش  
منقطع باشد و همین بارش‌های منقطع (کوتاه‌مدت)  
نیز در هر بار وقوع قادر به عبور از آستانه وقوع رواناب  
نباشند.

جدول ۲- فراوانی وقایع بارندگی روزانه اتفاق افتاده

توضیحات	بارش روزانه به میلی‌متر	زمان به روز	تاریخ
	۰	۰	۹۲/۰۱/۳۱
	۶/۸	۳	۹۲/۰۲/۰۳
	۳/۱	۴	۹۲/۰۲/۰۴
	۰	۷	۹۲/۰۲/۰۷
	۰	۱۰	۹۲/۰۲/۱۰
	۰	۱۴	۹۲/۰۲/۱۴
	۰	۱۷	۹۲/۰۲/۱۷
	۰	۲۱	۹۲/۰۲/۲۱
	۱۴	۲۳	۹۲/۰۲/۲۳
	۶/۳	۲۴	۹۲/۰۲/۲۴
	۲	۲۸	۹۲/۰۲/۲۸
	۱۶	۳۱	۹۲/۰۲/۳۱
	۴/۵	۳۲	۹۲/۰۳/۰۱
	۰	۳۵	۹۲/۰۳/۰۴
	۰/۸	۳۸	۹۲/۰۳/۰۷
	۰	۴۱	۹۲/۰۳/۱۱
	۰	۴۸	۹۲/۰۳/۱۸
	۰	۵۵	۹۲/۰۳/۲۵
	۰	۵۸	۹۲/۰۳/۲۸
آبیاری دستی	۴۵ لیتر	۵۹	۹۲/۰۳/۲۹
	۵	۶۲	۹۲/۰۴/۰۱
	۰	۶۵	۹۲/۰۴/۰۴
	۰	۶۹	۹۲/۰۴/۰۸
	۰	۷۲	۹۲/۰۴/۱۱
	۰	۸۶	۹۲/۰۴/۲۵
	۰	۹۳	۹۲/۰۵/۰۱
	۰	۹۹	۹۲/۰۵/۰۷
	۰	۱۰۷	۹۲/۰۵/۱۵
	۰	۱۱۵	۹۲/۵/۲۳
آبیاری دستی	۴۵ لیتر	۱۲۰	۹۲/۰۵/۲۸
	۰	۱۲۸	۹۲/۰۶/۰۵
	۰	۱۳۵	۹۲/۰۶/۱۲
	۰	۱۴۱	۹۲/۰۶/۱۸

آب به عمق ۵۰ سانتی‌متر تفاوت رطوبتی بین این دو عمق در هر تیمار مرتبط ایجاد نماید. اما در تحقیق حاضر چنین وضعیتی وجود ندارد و این اتفاق می‌تواند ناشی از عدم عملکرد درست فیلترها و پراکنش اتفاقی عمق بارش‌های روزانه از نظر کم و یا زیاد بودن باشد. پس به‌طور کلی تیمارها و بلوک‌های مورد بررسی در این تحقیق در میزان رطوبت خاک برای عمق ۲۰ سانتی‌متر و ۵۰ سانتی‌متر در سطح کمتر از یک درصد خطا دارای تفاوت معنی‌دار با همدیگر هستند. به‌عبارت دیگر، انجام عملیات صورت گرفته در هر یک از تیمارها در میزان رطوبت خاک جذب و ذخیره شده موثر بوده است. اما میانگین درصد رطوبت حجمی در عمق ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متری برای کل تیمارها به ترتیب ۱۶/۴۶ و ۱۶/۶۴ بوده که فاقد تفاوت آماری معنی‌دار هستند. روند زمانی متوسط رطوبت در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متری در همه تیمارها تقریباً بر هم منطبق هستند. این وضعیت بیانگر آن است که توزیع رطوبت در حد فاصل عمق ۲۰ الی ۵۰ سانتی‌متر هم‌روند بوده، دارای تفاوت قابل توجه باهم نیستند. ولی بر حسب میزان رواناب جمع شده در چاله نهال‌ها بعضاً رطوبت عمق ۲۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۵۰ سانتی‌متر است.

در شکل‌های ۶ و ۷ وضعیت تغییرات رطوبت خاک نسبت به تغییرات بارندگی مورد بررسی قرار گرفته است. به‌طوری که در این دو شکل مشاهده می‌شود، در تیمارهای D و E تأثیرپذیری رطوبت خاک از بارش روزانه نسبت به سایر تیمارها خیلی بیشتر شده و حالت افزایش زیادتری را نشان می‌دهد که به دلیل وجود سامانه دارای سطح عایق به دلیل غیر قابل نفوذ بودن سطح سطوح آبیگر بوده که به بارش‌های کم هم واکنش نشان داده و تولید رواناب کرده، بخشی از آب باران به چاله درختان رسیده است. بر این اساس، مقدار رطوبت خاک در دو عمق مورد بررسی درصد بیشتری را نشان می‌دهد. با مقایسه بین این دو تیمار در دو شکل ۶ و ۷ نیز تیمار D به دلیل داشتن فیلتر سنگریزه‌ای درصد رطوبت خاک بیشتری نسبت به تیمار E که فاقد این فیلتر است، نشان می‌دهد. از آن‌جا که خاک داخل چاله‌ها مخلوط شده است، در نتیجه خصوصیات فیزیکی آن از قبیل بافت خاک و ظرفیت نگهداری یکسان است. پس نباید انتظار داشت که اختلاف رطوبتی قابل توجهی بین دو عمق ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر، در یک سری زمانی طولانی مدت وجود داشته باشد. بلکه تنها بسته به میزان بارش و رواناب منشاء گرفته از آن و اثرگذاری فیلتر در هدایت آسان

جدول ۳- تجزیه آماری بلوک‌ها و تیمارها برای عمق رطوبتی ۵۰ سانتی‌متر

منابع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F	سطح معنی‌دار بودن F
مدل	۶	۳۹۷۶/۸۸	۶۶۲/۸۱	۶۰/۹۰	<۰/۰۰۰۱
خطا	۴۸۸	۵۳۱۰/۸۱	۱۰/۸۸		
کل	۴۹۴	۹۲۸۷/۷۰			
مربع R	ضریب واریانس	انحراف معیار	میانگین رطوبت عمق ۵۰ سانتی‌متر		
۰/۴۳	۱۹/۸۲	۳/۳۰	۱۶/۶۴		
منابع	درجه آزادی	مجموع مربعات تیپ III	میانگین مربعات	آزمون F	سطح معنی‌دار بودن F
بلوک	۲	۱۱۹۰/۳۱	۵۹۵/۱۵	۵۴/۶۹	<۰/۰۰۰۱
تیمار	۴	۲۷۸۶/۵۸	۶۹۶/۶۴	۶۴/۰۱	<۰/۰۰۰۱



جدول ۴- آزمون میانگین رطوبتی تیمارها به روش دانکن برای عمق رطوبتی ۵۰ سانتی‌متر

آلفا					۰/۰۵
خطای درجه آزادی					۴۸۸
خطای میانگین مربعات					۱۰/۸۸
تعداد میانگین	۲	۳	۴	۵	
حد بحرانی	۰/۹۲۱	۰/۹۷۰	۱/۰۰۲	۱/۰۲۶	

میانگین‌های نشان داده شده با حروف لاتین یکسان دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

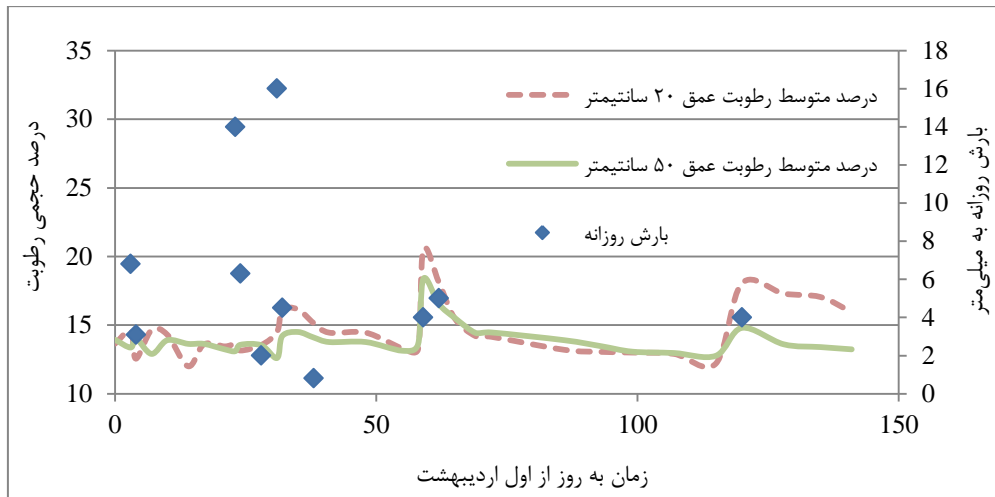
تیمار	تعداد	میانگین	گروه‌بندی دانکن
E	۹۹	۱۹/۵۴	A
			A
D	۹۹	۱۹/۲۰	A
B	۹۹	۱۶/۲۶	B
C	۹۹	۱۴/۳۷	C
			C
A	۹۹	۱۳/۸۳	C

جدول ۵- آزمون میانگین رطوبتی تیمارها به روش دانکن برای عمق رطوبتی ۵۰ سانتی‌متر

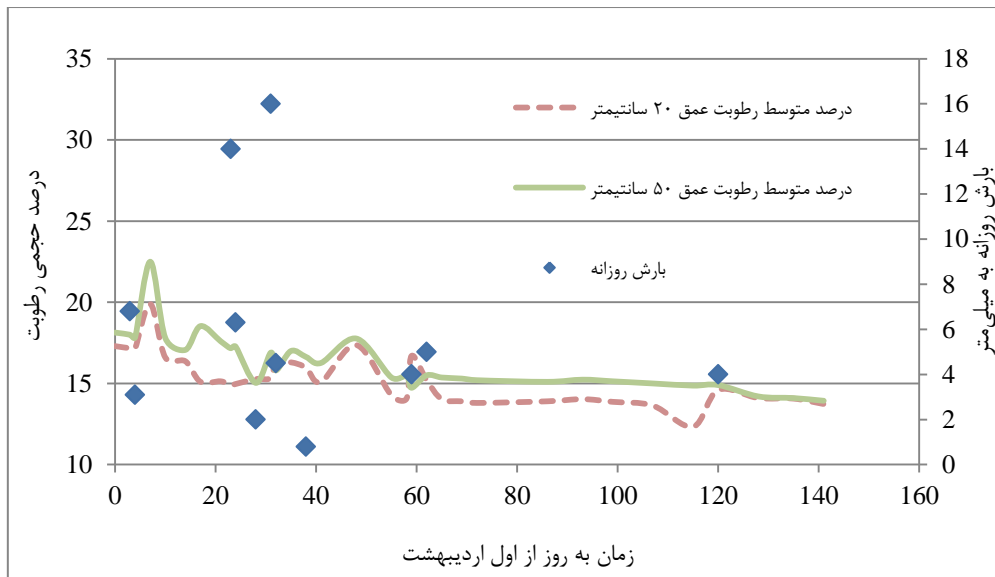
آلفا			۰/۰۵
خطای درجه آزادی			۴۸۸
خطای میانگین مربعات			۱۰/۸۸
تعداد میانگین	۲	۳	
حد بحرانی	۰/۷۱۳۷	۰/۷۵۱۳	

میانگین‌های نشان داده شده با حروف لاتین یکسان دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

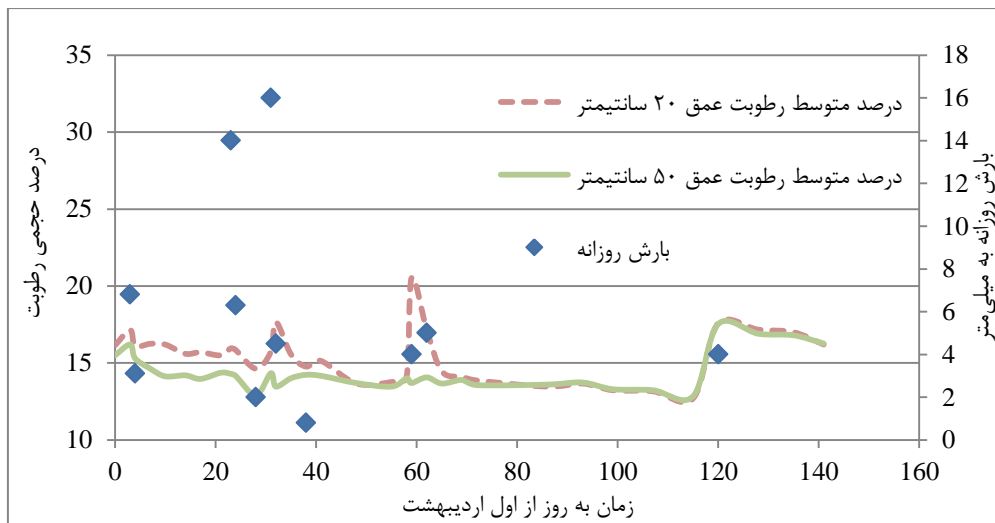
بلوک	تعداد	میانگین	گروه‌بندی دانکن
۱	۱۶۵	۱۸/۸۱	A
۳	۱۶۵	۱۵/۸۴	B
			B
۲	۱۶۵	۱۵/۲۸	B



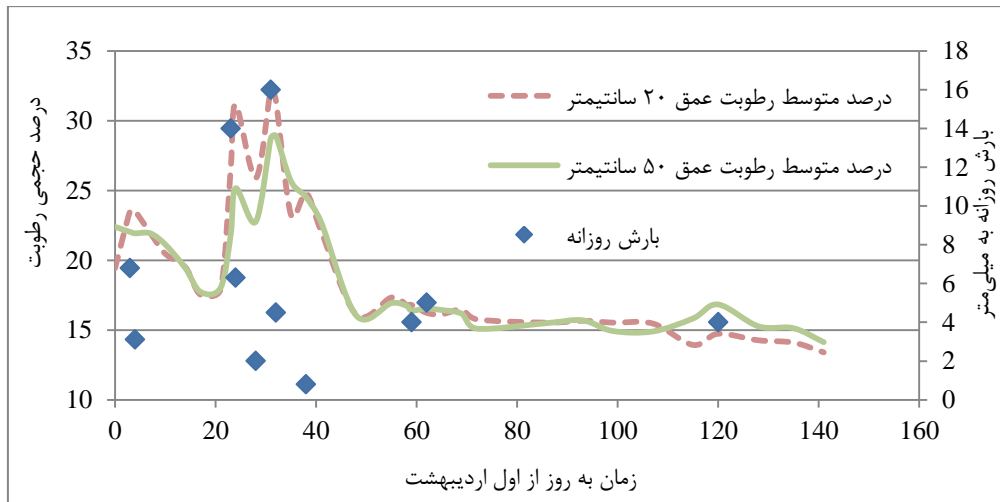
شکل ۳- روند زمانی تغییرات متوسط رطوبت خاک در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر تیمار A



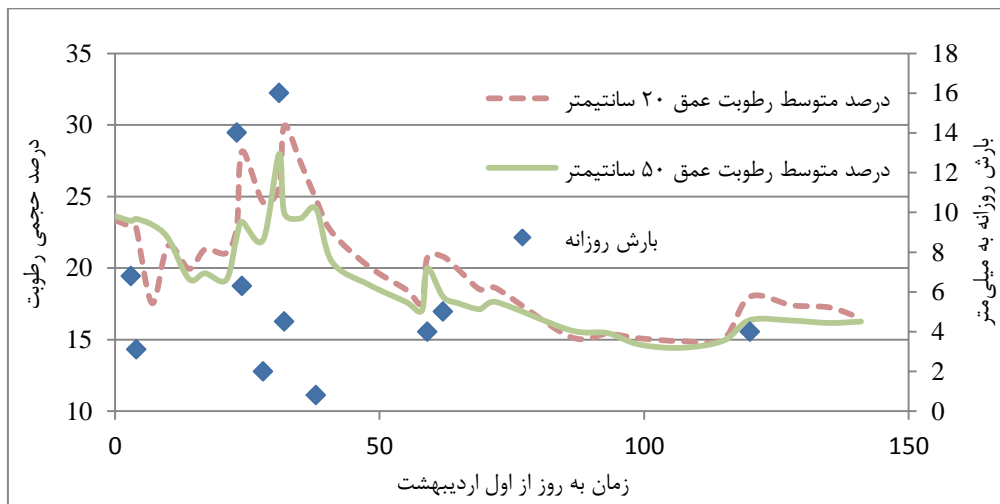
شکل ۴- روند زمانی تغییرات متوسط رطوبت خاک در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر تیمار B



شکل ۵- روند زمانی تغییرات متوسط رطوبت خاک در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر تیمار C



شکل ۶- روند زمانی تغییرات متوسط رطوبت خاک در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر تیمار D



شکل ۷- روند زمانی تغییرات متوسط رطوبت عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متر تیمار E

### نتیجه‌گیری

سری زمانی طولانی مدت وجود داشته باشد. بلکه تنها تیمارها و بلوک‌های مورد بررسی در این تحقیق در میزان رطوبت خاک برای عمق ۲۰ سانتی‌متر و ۵۰ سانتی‌متر در سطح کمتر از یک درصد خطا دارای تفاوت معنی‌دار با هم هستند. به عبارت دیگر، انجام عملیات صورت گرفته در هر یک از تیمارها در میزان رطوبت خاک جذب و ذخیره شده موثر بوده است. اما میانگین درصد رطوبت حجمی در عمق ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متری برای کل تیمارها به ترتیب ۱۶/۴۶ و ۱۶/۶۴ بوده که فاقد تفاوت آماری معنی‌دار هستند. از آنجا که خاک داخل چاله‌ها مخلوط شده است، در نتیجه خصوصیات فیزیکی آن از قبیل بافت خاک و ظرفیت نگهداری یکسان است. پس نباید انتظار داشت که اختلاف رطوبتی قابل توجهی بین دو عمق در یک سری زمانی طولانی مدت وجود داشته باشد. بلکه تنها تیمارها و بلوک‌های مورد بررسی در این تحقیق در میزان رطوبت خاک برای عمق ۲۰ سانتی‌متر و ۵۰ سانتی‌متر در سطح کمتر از یک درصد خطا دارای تفاوت معنی‌دار با هم هستند. به عبارت دیگر، انجام عملیات صورت گرفته در هر یک از تیمارها در میزان رطوبت خاک جذب و ذخیره شده موثر بوده است. اما میانگین درصد رطوبت حجمی در عمق ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متری برای کل تیمارها به ترتیب ۱۶/۴۶ و ۱۶/۶۴ بوده که فاقد تفاوت آماری معنی‌دار هستند. از آنجا که خاک داخل چاله‌ها مخلوط شده است، در نتیجه خصوصیات فیزیکی آن از قبیل بافت خاک و ظرفیت نگهداری یکسان است. پس نباید انتظار داشت که اختلاف رطوبتی قابل توجهی بین دو عمق در یک تیمار B و C با هم و دو تیمار D و E با هم به روش

تیمارها و بلوک‌های مورد بررسی در این تحقیق در میزان رطوبت خاک برای عمق ۲۰ سانتی‌متر و ۵۰ سانتی‌متر در سطح کمتر از یک درصد خطا دارای تفاوت معنی‌دار با هم هستند. به عبارت دیگر، انجام عملیات صورت گرفته در هر یک از تیمارها در میزان رطوبت خاک جذب و ذخیره شده موثر بوده است. اما میانگین درصد رطوبت حجمی در عمق ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متری برای کل تیمارها به ترتیب ۱۶/۴۶ و ۱۶/۶۴ بوده که فاقد تفاوت آماری معنی‌دار هستند. از آنجا که خاک داخل چاله‌ها مخلوط شده است، در نتیجه خصوصیات فیزیکی آن از قبیل بافت خاک و ظرفیت نگهداری یکسان است. پس نباید انتظار داشت که اختلاف رطوبتی قابل توجهی بین دو عمق در یک تیمار B و C با هم و دو تیمار D و E با هم به روش

بالتر است که می‌تواند به دلیل وجود این فیلتر سنگریزه‌ای باشد. در تیمارهای D و E تأثیرپذیری رطوبت خاک از بارش روزانه خیلی بیشتر شده، حالت افزایش زیادتری را نشان می‌دهد که به دلیل وجود سامانه دارای سطح عایق به دلیل غیر قابل نفوذ بودن سطح سطوح آبیگر بوده که به بارش‌های کم هم واکنش نشان داده و تولید رواناب کرده، بخشی از آب باران به چاله درختان رسیده است. در مقایسه بین این دو تیمار نیز تیمار D به دلیل داشتن فیلتر سنگریزه‌ای درصد رطوبت خاک بیشتری نسبت به تیمار E که فاقد این فیلتر است، نشان می‌دهد. بنابراین، ایجاد سامانه سطوح آبیگری که در دو طرف چاله نهال کاشته شده آن فیلترهای سنگریزه‌ای که عبور آب و رسیدن آن را به ریشه تسهیل می‌کند. به طوری که درختان کاشته شده در این دو تیمار نسبت به تیمارهای دیگر شادابی بهتری داشته و به هیچ دچار خشکی نشدند. اما از نظر باردهی با توجه به زمان محدود اجرای طرح قابل بررسی نبود و فقط می‌توان گفت که در درختان این دو تیمار وجود باردهی مشاهده شد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مدیریت محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان به خاطر حمایت‌های مالی برای اجراء طرح و همه همکاران محترم بخش تحقیقات آبخیزداری و ایستگاه تحقیقاتی پخش سیلاب قره‌چریان زنجان به خاطر کمک در داده‌برداری و نظارت مستمر صحرائی، نهایت سپاسگزاری را می‌نماید.

دانکن نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف این تیمارها در مقدار رطوبت در عمق ۲۰ سانتی‌متری و عدم معنی‌دار بودن در عمق ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین، بر اساس مقایسه میزان رطوبت در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ سانتی‌متری در داخل هر یک از این تیمارها به‌طور جداگانه اختلاف معنی‌داری بین رطوبت در این دو عمق وجود دارد. اما در تیمار شاهد این اختلاف در دو عمق مورد بررسی مشاهده نشد.

بر اساس بررسی رابطه بارندگی و رطوبت خاک در تیمارهای مورد آزمایش مشاهده شد که در تیمار سامانه دارای بخشی عایق و فیلتر سنگریزه‌ای (تیمارهای B و D) به‌صورت چشمی افزایش رطوبت خاک با وقوع بارندگی مشاهده می‌شود، ولی این اختلاف معنی‌دار نیست. اما در تیمار شاهد این اثرات بارندگی حتی به‌صورت چشمی نیز قابل مشاهده نبوده، میزان رطوبت خاک موازی محور بارندگی است. همچنین، می‌توان گفت در تیمار شاهد بارندگی‌های فصل بهار (به مقدار ۵۳/۵۰ میلی‌متر) نتوانسته باعث تولید رواناب شود و در نتیجه تأثیری بر افزایش مقدار رطوبت خاک به دلیل کمی بارش داشته باشد. ولی روند افزایش و کاهش رطوبت خاک از روند افزایشی و کاهش بارندگی تبعیت می‌نماید. در دو تیمار B و C نسبت به حالت شاهد تأثیرپذیری رطوبت خاک از بارش روزانه بیشتر شده و حالت افزایش نشان می‌دهد که این می‌تواند به دلیل نبود پوشش گیاهی در این دو تیمار و در نتیجه افزایش ضریب تولید رواناب در آنها باشد. همچنین، در مقایسه این دو تیمار با هم دیگر نیز می‌توان دید که این روند افزایشی و تأثیرپذیری از بارش روزانه در تیمار B که دارای فیلتر سنگریزه است، بیشتر و بهتر بوده و میزان رطوبت خاک آن نیز

### منابع مورد استفاده

1. Angoshtari, H., R. Ghaforiyan, and M. Roghani. 2007. Rainwater systems levels and make appropriate method for coping with water scarcity in arid and semi-arid regions. Proceedings of the 10th Congress of Soil Science, Tehran University (in Persian).
2. Angoshtari, H. 2003. Intake levels diamond research performance evaluation systems and a crescent-shaped flat to save precipitation in Khorasan. Annual report of the research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (in Persian).
3. Biazin B., G. Sterk, M. Temesgen, A. Abdulkedir and L. Stroosnijder. 2012. Rainwater harvesting and management in rain fed agricultural systems in sub-Saharan Africa. A Review Physics and Chemistry of the Earth, 47-48: 139-151.
4. Chavez, M.M., J.M. Costa and N.J.M. Saibo. 2011. Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. Advances in Botanical Research, 57: 49-104.

5. Ghaforiyan, R. 2004. Precipitation optimized storage systems. Annual report of the research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (in Persian).
6. Hosseini, M., A. Attapourfard, S.A. Karami and M. Roghani. 2005. Investigating the effect of plastic coating on runoff production and soil moisture conservation. 3rd National Conference on Erosion and Sediment, Tehran, Soil Conservation and Watershed Research Institute, 26-30 (in Persian).
7. Masbah, S.H. and M. Najabt. 2001. Optimum productivity of surface runoff in watersheds. Proceedings of the First International Conference on Watershed Management and Water Harvesting in Watershed Management (in Persian).
8. Mostafazadeh, B., F. Mossavi and M. Sarif. 1998. Wetting front advance from a point source in sloping. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 12: 34-54.
9. Mzirai, O.B. and S.D. Tumbo. 2010. Macro-catchment harvesting systems; challenges and opportunities to access runoff. Journal of Animal and Plant Sciences, 2: 789-800.
10. Qadari, N. 2006. Arriving pond systems through increased levels of moisture retention in the soil profile in Kurdistan. Final report of research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (in Persian).
11. Rezaei, A. 2012. Investigation of operation of isolated, semi-isolated and natural surfaces in rainfall-runoff process of water harvesting system. Final report of research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (in Persian).
12. Sadeqzadeh, M.A. 2002. Methods in soil profile moisture retention. Annual report on research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (in Persian).
13. Sekar, I. and T.O. Randhir. 2007. Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems. Journal of Hydrology, 334: 39-52.
14. Shahini, Gh.R. 2003. Optimization of systems through retention pond levels of moisture in the soil profile in Golestan Province. Annual report on research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (in Persian).
15. Sepaskhah, A.R., A.A. Kamgar-Haghighi and S. A.A. Moosavi. 1992. Evaluation of hydrological parameters for design of microcatchment water harvesting in a semi-arid climate of Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 16: 105-116.
16. Sepaskhah, A.R. and H.R. Fooladmand. 2004. A computer model for design of microcatchment water harvesting systems for rain-fed vineyard. Agricultural Water Management, 64: 213-232.
17. Yanni, S., M.N. Nimah and I. Bashour. 2003. Gravel vertical mulching for improving water irrigated orchards. ISHS Acta Horticulturae 664: IV International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops.