

۱/۸۴ و ۱/۲۱ درصد با احتمال ۹۵ درصد بود.
واژه‌های کلیدی: جمع‌آوری آب، سامانه‌های آبیگر، رطوبت خاک، TDR

مقدمه

آب منبع حیات و عامل رشد و توسعه جوامع بشری است. همه صاحب‌نظران بر این باورند که کشورمان از این موهبت الهی کم بهره است و در کمربند خشک و نیمه خشک با آن دست و پنجه نرم می‌کند. میانگین بارش سالانه کشور حدود یک سوم میانگین دنیاست و همین مقدار بارش نیز از توزیع مکانی و زمانی مناسبی برخوردار نیست. مقدار کم بارش پدیده شوم خشکسالی و مقدار خیلی زیاد آن سیل و ویرانی به همراه دارد.

طبق مطالعات جامع آب کشور، ریزش‌های جوی کشور بالغ بر ۴۱۳ میلیارد مترمکعب می‌باشد. از این مقدار ۹۲ میلیارد مترمکعب به صورت جریان‌های سطحی جاری شده، ۲۵ میلیارد مترمکعب به طور مستقیم به آبخوان‌های آبرفتی نفوذ کرده و مابقی به صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌گردد [۶]. بنابراین با احتساب ۵/۵ میلیارد مترمکعب تبخیر و تعرق حاصل از برداشت آبخوان‌ها، می‌توان میزان تبخیر و تعرق واقعی را حدود ۷۳ درصد میانگین بارش برآورد نمود که برای مدیریت آن هم نیاز به برنامه‌ریزی می‌باشد. جلوگیری از اتلاف این منبع و ذخیره‌سازی بخشی از آن در لایه‌های خاک امری مهم می‌باشد که نیاز به برنامه‌ریزی اصولی و صحیح دارد.

سپاسخواه [۱۱] نشان داد که با استفاده از جمع‌آوری آب باران از سطح دشت‌های ایران، امکان به زیر کشت بردن حدود ۳/۹ میلیون هکتار اراضی جدید وجود دارد. قدوسی [۳] یکی از اقدامات مؤثر و اساسی در رابطه با تامین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای مصارف مختلف (زراعت، جنگلکاری، شرب و...) را مدیریت بارش‌های جوی و استحصال آب باران در محل نزول خود می‌داند که اصطلاحاً "RWH" نامیده می‌شود. پژوهشگرانی همچون بوئرز و بن‌عاشر [۱] معتقدند که از روش‌های مختلفی مانند تراس‌های کشاورزی، کشت درخت در آبخیزهای کوچک، جمع‌آوری و هدایت رواناب سطحی و ذخیره آن در پشت یک سد می‌توان برای جمع‌آوری آب باران استفاده کرد.

در چند دهه اخیر زمینه پژوهش‌های وسیعی برای دانشمندان و

مقایسه روش‌های جمع‌آوری آب باران در سامانه‌های آبیگر لوزی شکل

مجید حسینی^۱ و محمد روغنی^۲
تاریخ دریافت: ۸۹/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۶/۲۱

چکیده

در این پژوهش به منظور معرفی مناسب‌ترین روش جمع‌آوری آب باران و حفظ رطوبت و به دنبال آن کاهش تبخیر از سطح خاک، اقدام به ایجاد سامانه‌های لوزی شکل با تیمارهای مختلف در دامنه‌های شیب‌دار گردید. وظیفه اصلی این سامانه‌ها جمع‌آوری و هدایت آب حاصل از بارش به انتهای سامانه و نفوذ آن به داخل خاک می‌باشد. این کار علاوه بر افزایش رطوبت در انتهای سامانه، تأثیر شایان توجهی در افزایش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش فرسایش و رسوب دارد. در این طرح ۶ تیمار و ۳ تکرار در بخش انتهایی سامانه در نظر گرفته شده است که هر کدام از آنها با مصالح قابل دسترس کشاورزان همچون پلاستیک گلخانه‌ای، شن و ترکیبی از آنها پوشانده شده و برای انتقال رطوبت به عمق خاک فیلتری به عمق ۵۰ و قطر ۱۵ سانتی‌متر در وسط تیمار تعبیه شد. پایش اطلاعات محیطی مشتمل بر بارندگی روزانه، رواناب حاصل از بارندگی، تبخیر از تشت، درجه حرارت خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متر و رطوبت خاک در دو عمق ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر، در مدت سه سال به وسیله تجهیزات لازم انجام گرفت. سطح سامانه‌ها برای تولید رواناب بیشتر و افزایش کارایی طرح با پوشش پلاستیک گلخانه‌ای عایق شد. نتایج طرح نشان می‌دهد که تیمار حداکثر و یا بهترین تیمار از نظر نگه داشتن رطوبت خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متر تیمار b (پوشش پلاستیکی و روکش سنگریزه) و در عمق ۵۰ سانتی‌متر تیمارهای b و d (خصوصیات تیمار b + فیلتر حاوی سنگریزه به عمق ۵۰ و قطر ۱۵ سانتی‌متر) بودند. میزان افزایش نگهداشت رطوبت حجمی خاک در سه سال متوالی و حالت کلی با تیمار شاهد در عمق ۳۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر ۴/۴۱، ۲/۴۰، ۲/۶۲ و ۲/۶۲ درصد و در عمق ۵۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر ۱/۶۸، ۱/۲۰،

۱- نویسنده مسئول و عضو هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
Email: mjhossaini@gmail.com

۲- عضو هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
Email: moroghani@gmail.com

3- Rain Water Harvesting
4- Micro Catchment

صاحب نظران جهان به منظور کنترل و ذخیره سازی رواناب فراهم شده است. پژوهش های مزبور علاوه بر بکارگیری روش های مختلف در استحصال آب، افزایش رطوبت خاک و کاهش خطرات ناشی از جاری شدن آن، به افزایش میزان نگهداشت رطوبت و کشت گونه های درختی و مرتعی می پردازد. اگر چه جمع آوری آب باران از سطح دامنه ها و متمرکز نمودن آن در یک نقطه سبب افزایش میزان رطوبت در خاک می گردد، لیکن تداوم نگهداشت رطوبت در خاک و کاهش تلفات تبخیر از سطح خاک نقش شایانی در استقرار و زنده ماندن گونه های گیاهی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک ایفا می نماید.

بوئرز [۲] در منطقه ای بنام سد بوگر در فلسطین اشغال شده با بارش متوسط ۲۴۰ میلی متر در سال ۱۹۸۰ میلادی با جمع آوری آب باران اقدام به کشت درخت پسته نمود. وی روش های مختلف استحصال آب و نتایج حاصل از ذخیره آب در خاک را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج طرح نشان داد که احداث حوضچه خاص برای هر درخت، سبب استحصال آب باران بیشتری نسبت به سامانه ترانس بندی دارد و احداث سامانه های ۱۰ مترمربعی با پشته هایی به ارتفاع ۱۵ سانتی متر قادر به جمع آوری ۱۵ تا ۲۰ درصد بارش سالانه می باشد. این پژوهشگر جمع آوری جریانات کوچک از سطح خاک و آب چشمه ها و جویبارهای کوچک را به عنوان طرح های جمع آوری آب باران ذکر کرده و معتقد است در مناطق خشک و نیمه خشک اجرای چنین طرح هایی بسیار مفید بوده و یکی از روش های اقتصادی تامین آب است.

در پژوه که توسط گوپتا [۴] انجام شده، روش های جمع آوری باران با ایجاد حوضچه های جمع آوری کننده در سطح دامنه ها در حالت طبیعی، از بین بردن پوشش گیاهی و انجام عملیاتی از قبیل کوبیدن، شیب دار کردن، تسطیح و منظم نمودن سطح دامنه ها از نظر نفوذ آب روی رشد گیاه و تولید زیست جرم گیاه ARI^۱ در منطقه ای با شیب ۲۰ درصد مورد بررسی قرار گرفته است. وی در تیمارهای یاد شده شرایط طبیعی و پوشش مالچی را در سطح دامنه ها و پوشش پلاستیکی و مالچ نفتی را در اطراف درختان به منظور ذخیره بیشتر آب در نیمرخ خاک به کار گرفت. بر اساس نتایج حاصله، در طول ۲۶ ماه، رشد نهال ها چهار برابر تیمار شاهد بوده است. به علاوه تولید زیست جرم از ۱/۶۹ به ۶/۳۹ تن در هکتار برای گیاه مورد بررسی افزایش یافته و ارتفاع نهال ها نیز ۷۰ درصد افزایش یافته است.

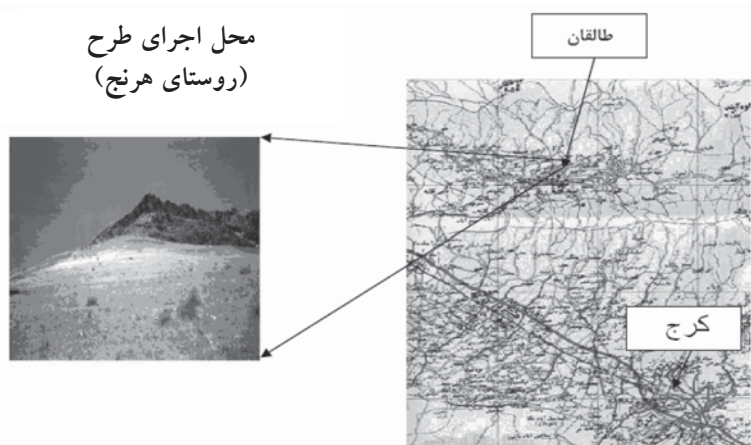
در سال های اخیر جمع آوری آب در مناطق خشک و نیمه خشک به سرعت در جنوب شرقی کشور چین گسترش یافته است. این روش نه تنها در تامین آب شرب بلکه به عنوان تامین آب کشاورزی نیز مورد بهره برداری قرار می گیرند. پژوهشی که توسط هانگ و همکارانش [۵] در زمینه جمع آوری آب باران در ایالت گانگزو چین با استفاده از دو نوع تیمار پوشش سطحی زمین مشتمل بر ماده

افزایش دهنده ثبات خاک و ضریب رواناب و آسفالت با پوشش پشم شیشه استفاده شد، افزایش کارایی جمع آوری آب را به ترتیب ۹۱- ۸۶ و ۹۰-۸۱ درصد نشان می داد.

در پژوهشی کوثر در گردنه قوچک تهران به منظور استحصال آب باران برای کشت درخت و ایجاد پوشش جنگلی از سامانه های آبگیر با استفاده از سطح دامنه ها، تراس های قیراندود ایجاد نموده و با تعبیه شبکه هایی در پایین سامانه ها واقع در شیب ۳۰ درصدی رواناب حاصل از بارش را طی ۴ سال اندازه گیری نمود. نتایج حاصل نشان داد که تعداد ۴۹ درصد از بارش ها تولید رواناب داشته است و با ادامه طرح مشخص شد به دلیل شکستگی های به وجود آمده در سطح قیر در طی مدت ۶ سال، ضریب رواناب از ۷۵ درصد به ۲ درصد تقلیل یافته است [۸]. سپاسخواه نیز در باجگاه استان فارس نشان داد که مقدار ضریب رواناب با گذشت زمان در تیمار مالچی نسبت به دو تیمار خاک متراکم و کوبیده شده با غلطک دستی و خاک غیر متراکم به دلیل ایجاد درز و شکاف های ایجاد شده در مالچ نفتی کاهش یافته است [۱۲].

پژوهش های دیگری که در موسسه تحقیقات دیم کشور توسط توکلی و همکاران [۱۵] به منظور بررسی شیوه های مختلف جمع آوری و استحصال آب باران در سامانه کوچک مربعی و نیم دایره ای در سه اندازه، سه وضعیت سطوح سامانه و در دو وضعیت خاک پای درختان به مدت ۶/۵ سال در منطقه یال ایلخچی آذربایجان شرقی برای دو رقم بادام انجام شد، نشان داد که تیمار با اندازه سطح رواناب ۷×۷ متری با سطوح رواناب تمیز و غلطک زده شده و بدون نیاز به استفاده از پلیمر از کارایی بهتری نسبت به تیمار ۹×۹ متری در شرایط مشابه برخوردار است و شکل سامانه در جمع آوری آب باران تاثیری ندارد.

اخیرا در ایران پژوهشگران متعددی در زمینه شکل هندسی و سطح سامانه های آبگیر، زنده ماندن گیاه و ضریب رواناب در نقاط مختلف کشور کار کرده اند که مبین نتایج مطلوبی بوده است. برای نمونه، نتایج حاصل از مطالعات شاهینی [۱۳] در ارزیابی اشکال مختلف سامانه های سطوح آبگیر در استحصال آب باران و ذخیره آن در خاک نشان داد که سامانه های لوزی و هلالی شکل تاثیر بیشتری در جمع آوری آب باران و ذخیره رطوبت دارند. همچنین، استفاده از پوشش پلاستیکی در سطح سامانه ها در جمع آوری آب و ذخیره آن در خاک نسبت به تیمارهای برداشت سطحی و کوبیدگی خاک و شاهد تاثیر قابل ملاحظه ای دارد. در پژوهش تا حدودی مشابه که توسط رستگار [۹] در منطقه هرمزگان در مقایسه سطوح آبگیر باران به شکل های هلالی، لوزی و مستطیلی انجام شده است که نشان داد که میزان ذخیره رطوبت در سامانه های لوزی شکل با تیمار مالچ پاشی شده، بدلیل تمرکز بیشتر رواناب، بیشترین ذخیره رطوبتی و سامانه مستطیلی کمترین ذخیره رطوبتی را دارا می باشد. همچنین، بررسی تاثیر پوشش پلاستیکی در ذخیره نزولات آسمانی در خاک توسط شکرچیان [۱۴] در منطقه پیروئیه بافت حاکی از افزایش ۱۱



شکل ۱- موقعیت اجرای طرح در استان البرز (منطقه طالقان)

موقعیت محل اجرای طرح

موقعیت اجرای طرح در روستای هرنج در فاصله ۶ کیلومتری شهرستان طالقان از توابع استان تهران با طول جغرافیائی^{۳۰} ۳۶°۱۲' و عرض جغرافیائی^{۴۰} ۵۰°۴۶' و با ارتفاع ۲۱۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. محل اجرای طرح در دامنه جنوبی، مشرف به روستا با شیب متوسط ۲۵ درصد انتخاب شد (شکل ۱).

نفوذپذیری سطحی خاک با استفاده از روش صحرایی استوانه‌های دو گانه در عرصه مورد تحقیق به منظور انتخاب عرصه همگن انجام شد. در این بخش از پژوهش بر اساس اطلاعات میزان بارش ۲۴ ساعته تعداد ۸ ایستگاه باران سنجی اطراف محدوده اجرای طرح، اقدام به محاسبه حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله با استفاده از تابع توزیع گامبل گردید. دوره بازگشت ۱۰ ساله به منظور حفظ پایداری سامانه‌های آبیگر در مدت اجرای طرح انتخاب گردیده است.

درصدی زنده‌مانی گیاهانی چون بادام تلخ و شیرین می‌باشد. این در حالی است که میزان بارندگی در چند سال متوالی کمتر از میانگین سالیانه آن بوده است. در پژوهش دیگری رضایی و همکارانش [۱۰] نشان دادند که تیمارهای عایق نسبت به تیمارهای نیمه عایق و طبیعی در تولید رواناب و جمع‌آوری آب باران از کارایی بیشتری برخوردارند و تفاوت آماری معنی‌داری در سطح یک درصد خطا را از خود نشان می‌دهند.

مقاله حاضر با هدف بررسی میزان عملکرد تیمارهای مختلفی همچون پوشش پلاستیک، سنگریزه، پلاستیک و سنگریزه و در نهایت ترکیبی از پلاستیک و سنگریزه همراه با فیلتری به عمق ۵۰ سانتی‌متر در جمع‌آوری آب باران و مقایسه آنها با تیمار شاهد در قسمت تحتانی سامانه‌های آبیگر لوزی شکل ارایه گردید. در پایان به معرفی مناسب‌ترین روش جمع‌آوری آب و افزایش دوره ماندگاری رطوبت خاک پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

برآورد حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته

جدول ۱- موقعیت و مقادیر بارش متوسط ایستگاه‌های باران‌سنجی محدوده اجرای طرح

ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع (متر)	متوسط بارش سالانه (میلی متر)
زیدشت	۵۰/۶۸	۳۶/۱۷	۱۷۵۰	۴۷۸/۲
گلینک	۵۰/۷۷	۳۶/۱۷	۱۷۵۰	۴۵۴/۵
آسارا	۵۱/۲	۳۶/۰۳	۱۹۵۰	۵۶۲/۹
جوستان	۵۰/۹	۳۶/۲	۱۹۹۰	۵۴۷/۲
گیلیرد	۵۰/۸۳	۳۶/۱۳	۲۱۵۰	۵۶۰/۳
نسا	۵۱/۳۳	۳۶/۰۸	۲۲۱۰	۶۶۰/۹
دیزان	۵۰/۸۳	۳۶/۲۷	۱۹۵۰	۸۱۴/۵
سکرانچال	۵۰/۷۳	۳۶/۲۸	۱۵۸۸	۵۰۲/۶

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های فیزیک و شیمیایی خاک محدوده اجرای طرح

افق	عمق (cm)	بافت	PH	هدایت الکتریکی (dS/m)	درصد پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	درصد کربن آلی	درصد ازت	S.A.R	Na ⁺ (meq/100gr)	Ca ²⁺ Mg ²⁺ (meq/100gr)
A	۰ - ۹	لومی رسی	۸/۱	۰/۸۳۲	۲۰۶	۸	۰/۷۵	۲/۲۵	۹/۱۲۲	۴/۳	۴/۵
C	۹ - ۳۰	سیلتی لوم	۷/۴	۰/۹۰۳	۲۴۵	۱۳	۰/۱۵	۰/۶۶	۱۰/۳۱	۴/۷	۴/۸
2C*	۳۰ - ۷۰	لومی رسی	۷/۳	۰/۸۸۲	۲۵۰	۱۲	۰/۲۱	۰/۲۳	۸/۲۸۲	۳/۵	۵/۶

* نیمرخ خاک فاقد افق ۱C است.

بنابراین مقدار حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره برگشت (T) ۱۰ ساله (مدت زمان لازم برای حفظ پایداری سامانه‌ها در طول مدت پژوهش) معادل ۴۶ میلی‌متر محاسبه و مبنای طراحی سامانه‌های آبیگر قرار گرفت.

برای شناخت وضعیت خاک محل اجرای طرح نیمرخ به عمق ۹۰ سانتی‌متر حفر و تشریح گردید. همچنین آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، روی نمونه‌ها انجام شد (جدول ۲). سپس محدوده‌ای به ابعاد ۳۳×۱۵ متر انتخاب و جهت جلوگیری از ورود احشام، اطراف آن با نصب پایه و توری محصور گردید. به منظور تقلیل مجهولات و دستیابی به طراحی ابعاد سامانه، حجم ظرفیت آبیگری سامانه‌ها ۲۵۰ لیتر (بر مبنای استحصال بارش حداکثر روزانه با دوره بازگشت ده ساله) فرض شد. لذا ابعاد سامانه به شرح فرمول ذیل محاسبه و طراحی گردید (شکل ۲).

$$V = P_{۲۴} * S \quad (۴)$$

که حجم چاله تیمار پای سامانه، $P_{۲۴}$ بارش حداکثر ۲۴ ساعته و S سطح کل سامانه می‌باشد. بر اساس حجم آبیگری سامانه در یک رویداد بارندگی (۲۵۰ لیتر) و بارش حداکثر ۲۴ ساعته (۴۶ میلی‌متر) مساحت سامانه ($S=۵/۴۳$ مترمربع) و ضلع سامانه ($a=۲۳۳$)

به منظور برآورد حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته منطقه طرح از ایستگاه‌های مجاور منطقه که به فواصل مختلف از هرنج واقع هستند، استفاده شده است (جدول ۱). مشخصات ایستگاه‌ها به همراه تعداد سال‌های آماری و میانگین حداکثر ۲۴ ساعته در طول دوره آماری استخراج گردید. با توجه به اطلاعات حاصله، گرادیان بارندگی مطابق معادله (۱) محاسبه گردید:

$$P_{۲۴} = b * a + h$$

$$a = 24/7 \text{ و } b = 0/0042$$

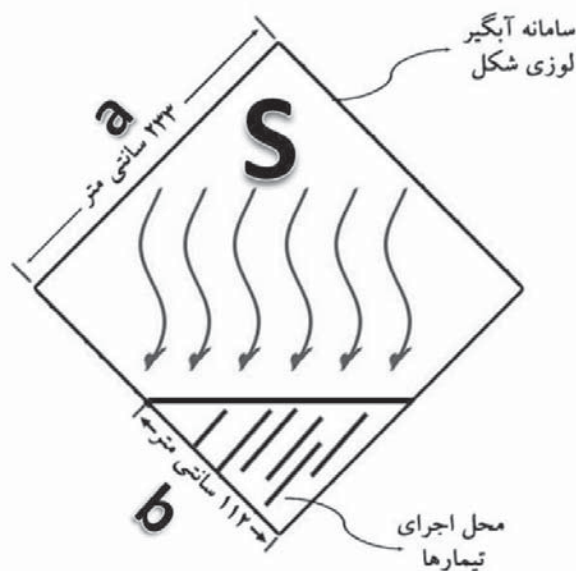
$$R^2 = 0.67, SE = 1.56$$

که در آن r^2 ضریب تبیین، SE درصد خطای استاندارد، h ارتفاع از سطح دریا و $P_{۲۴}$ بارندگی میانگین حداکثر ۲۴ ساعته می‌باشد. ارتفاع محل اجرای طرح ۲۱۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد که با توجه به ضرایب فوق، میزان بارندگی میانگین حداکثر ۲۴ ساعته معادل ۳۴ میلی‌متر حاصل گردید.

برای محاسبه بارندگی با دوره بازگشت ۱۰ ساله از توزیع گامبل استفاده گردید:

$$X_{۱۰} = X + S * (0/۷۸ * Y_{۱۰} - 0/۴۵)$$

$$Y_{۱۰} = \ln - \ln [- (1 - 1/T)]$$



شکل ۲- ابعاد سطوح سامانه آبیگر لوزی شکل

جدول ۳- مقادیر بارش و رواناب متناظر در محل اجرای طرح

تاریخ	بارش (میلی متر)	رواناب (سانتی متر مکعب)	تاریخ	بارش (میلی متر)	رواناب (سانتی متر مکعب)
۸۲/۲/۱۷	۲/۵	۱۲۱۷	۸۳/۷/۲۵	۳	۴۰۰۰
۸۲/۲/۲۳	۸/۵	۱۶۶۵	۸۳/۸/۱	۱۳	۱۸۰۰۰
۸۲/۲/۲۷	۲/۵	۳۷۵	۸۳/۸/۱۴	۴	۳۳۳۳
۸۲/۲/۳۰	۶	۷۵۰	۸۳/۸/۱۷	۵	۶۰۰۰
۸۲/۳/۲	۳/۵	۳۷۵	۸۳/۸/۱۸	۶	۷۶۶۷
۸۲/۳/۳	۴/۰	۱۲۵۰	۸۳/۸/۲۰	۴/۵	۸۳۳۳
۸۲/۳/۷	۱۱/۸	۵۰۰۰	۸۳/۸/۲۱	۵	۸۶۶۷
۸۲/۳/۸	۲۵	۲۲۰۰۰	۸۳/۸/۲۲	۸	۱۶۳۳۳
۸۲/۳/۱۱	۱۳/۵	۱۴۰۰۰	۸۴/۲/۱۵	۸	۱۷۳۳۳
۸۲/۷/۱۱	۹/۵	۱۶۶۷	۸۴/۲/۱۸	۱	۷۶۶۷
۸۲/۷/۱۲	۱۰/۴	۱۸۰۰	۸۴/۲/۱۹	۲/۵	۱۰۳۳۳
۸۲/۷/۱۳	۱۰	۹۳۳	۸۴/۲/۲۰	۷	۱۴۰۰۰
۸۳/۲/۱۳	۴/۵	۱۰۰۰	۸۴/۲/۲۵	۲۶	۶۲۶۶۷
۸۳/۲/۱۶	۶/۵	۱۵۰۰	۸۴/۲/۲۶	۲۱/۵	۸۶۶۶۷
۸۳/۲/۱۷	۲	۵۰۰	۸۴/۲/۲۷	۵	۵۰۰۰
۸۳/۲/۲۷	۱۰	۲۰۰۰	۸۴/۲/۲۸	۳/۵	۱۳۶۶۷
۸۳/۳/۳	۵	۶۶۷	۸۴/۲/۳۰	۱۵/۵	۴۴۵۰۰
۸۳/۳/۱۰	۹	۲۱۶۷	۸۴/۲/۳۱	۱	۶۶۷
۸۳/۳/۱۷	۵	۱۲۴۰۰			
۸۳/۵/۲۷	۷	۲۳۲۰۰			
۸۳/۷/۲۴	۸	۱۰۳۳۳			

سانتی متر) محاسبه گردید.

به منظور اندازه گیری رواناب یک بشکه ۲۲۰ لیتری در انتهای چاله جمع کننده رواناب (تیمار Q) با سطح مقطعی برابر ۲۳۷۵ سانتی مترمربع و به طول ۹۲ سانتی متر تعبیه شده و حجم رواناب پس از هر واقعه بارندگی بوسیله ظروف مدرج اندازه گیری شد. بر اساس عمق جمع کننده در پای سامانه (۴۰ سانتی متر) و حجم ذخیره رواناب (۲۵۰ لیتر) حاصل از بارش با دوره بازگشت ۱۰ ساله (۴۶ میلی متر) ضلع مثلث جمع کننده ($b=112$ سانتی متر) نیز محاسبه گردید.

آرایش تیمارها

در این طرح ۵ تیمار و برای هر تیمار سه تکرار مد نظر قرار گرفته و ۳ تکرار نیز برای جمع آوری و اندازه گیری رواناب اضافه شده است که مشخصات تیمارها در ذیل و آرایش آنها به صورت بلوک های به طور کامل تصادفی در شکل (۳) آمده است.

a = پلاستیک بدون پوشش سنگریزه + منفذ به قطر ۱۵ سانتی متر

و به عمق ۵۰ سانتی متر

b = پلاستیک + پوشش سنگریزه + منفذ به قطر ۱۵ سانتی متر و به عمق ۵۰ سانتی متر

c = بدون پلاستیک + پوشش سنگریزه

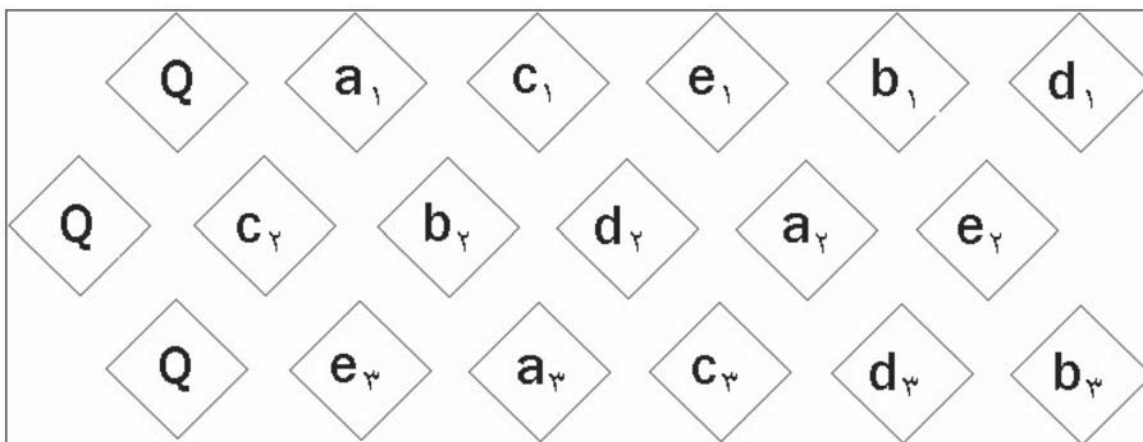
d = پلاستیک + پوشش سنگریزه + فیلتر به عمق ۵۰ سانتی متر و قطر ۱۵ سانتی متر با سنگریزه

e = شاهد بدون فیلتر (بستر سامانه همانند سایر سامانه ها و بستر تیمار کاملاً طبیعی)

Q = اندازه گیری رواناب با استفاده از بشکه ۲۲۰ لیتری (بستر سامانه همانند سایر سامانه ها و بستر تیمار سیمانی برای هدایت آب به داخل بشکه)

عملیات اجرایی طرح

برای سهولت در اجرای سامانه های لوزی شکل شابلونی به ابعاد $2/33 \times 2/33$ متر تهیه گردید، سپس تیمارهای مختلف اجرا گردیدند. روی پشته های سامانه ها توسط سنگ های موجود در منطقه جهت



شکل ۳- آرایش تیمارها در قالب بلوک های به طور کامل تصادفی



شکل ۵- نمای کلی از سامانه ها



شکل ۴- نمایی از یک سامانه

بازتاب میکروموج برای اندازه گیری سریع مقدار حجمی آب در خاک استفاده می نماید.

حسگرهای رطوبتی برای اندازه گیری رطوبت خاک در عمق های ۳۰ و ۵۰ سانتی متر و حرارت سنج ها به منظور بررسی تغییرات درجه حرارت خاک در عمق ۳۰ سانتی متر در محل اجرای تیمار تعبیه شد (شکل ۶).

پس از جمع آوری علف های هرز و سنگریزه ها از سطح سامانه ها و کوبیدن دستی سطح خاک به دلیل بافت سطحی لومی رسی و سیلتی رسی خاک، سطح سامانه ها به وسیله پلاستیک گلخانه ای عایق و برای حفاظت از آن در مقابل تابش مستقیم نور خورشید به وسیله مصالح درشت دانه پوشیده شد و تیمارهای مختلف در پای سامانه ها اجرا گردید (شکل های ۷ و ۸).

پایش عوامل محیطی

در پژوهش حاضر علاوه بر بررسی رطوبت حجمی خاک در دو عمق ۳۰ و ۵۰ سانتی متر از سطح خاک، سایر عوامل محیطی همچون درجه حرارت خاک، توزیع بارندگی، رواناب حاصل از

جلوگیری از فرسایش، سنگچین شد. قسمت مثلثی جمع کننده نزولات در انتهای سامانه به عمق ۴۰ سانتی متر و ضلع ۱۱۲ سانتی متر خاک برداری شد (شکل های ۴ و ۵).

نصب تجهیزات اندازه گیری

پس از آماده سازی تیمارها و تکرارها، وسایل ذیل جهت پایش طرح تهیه و تعبیه گردید:

- اندازه گیری میزان بارندگی روزانه در طول ۳ سال (جدول ۳)
- تشت تبخیر کلاس A به منظور اندازه گیری تبخیر بالقوه
- حرارت سنج مدل (TES - ۱۳۱۴) برای اندازه گیری درجه حرارت خاک در عمق ۳۰ سانتی متر (در هر تیمار یک عدد)
- بشکه ۲۲۰ لیتری برای اندازه گیری رواناب حاصل از بارندگی
- پروب^۱ یا حسگر به عمق ۳۰ و ۵۰ سانتی متر برای کلیه تیمارها و تکرارها جهت اندازه گیری رطوبت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت سنج TDR^۲ مدل ۶۰۵۰X۱، این دستگاه از مدت زمان

1- Probe

2- Time Domain Reflectometry

جدول ۴- خلاصه پایش عوامل محیطی در طول اجرای طرح

تیمار	تعداد	حداقل	حداکثر	تغییرات	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
رطوبت در عمق ۳۰ سانتی متر (%)	a	۲۴۰	۱۶/۷۷	۴۱/۱۳	۲۴/۳۷	۲۷/۵۶	۳/۹۲	۱۵/۳۸	۰/۲۶
	b	۲۴۰	۱۹/۷۳	۳۹/۶۳	۱۹/۹۰	۲۸/۷۶	۳/۳۲	۱۱/۰۴	-۰/۱۲
	c	۲۴۰	۱۳/۵۰	۳۳/۲۸	۱۹/۷۳	۲۴/۲۹	۴/۰۴	۱۶/۳۶	-۰/۳۳
	d	۲۴۰	۲۰/۴۰	۳۵/۹۷	۱۵/۷۵	۲۷/۹۵	۳/۱۷	۱۰/۰۳	۰/۲۳
	e	۲۳۹	۱۴/۵۳	۳۷/۲۰	۲۲/۶۷	۲۶/۱۴	۴/۷۴	۲۲/۴۳	-۰/۰۳
بارندگی									
رطوبت در عمق ۵۰ سانتی متر (%)	a	۲۴۰	۲۲/۷۳	۴۱/۱۳	۱۸/۴۰	۳۰/۷۷	۳/۶۶	۱۳/۳۹	۰/۴۲
	b	۲۴۰	۲۲/۶۰	۴۱/۷۰	۱۹/۱۰	۳۱/۳۶	۳/۸۰	۱۴/۴۲	۰/۰۴
	c	۲۴۰	۲۱/۵۷	۳۹/۰۰	۱۷/۴۳	۲۹/۱۰	۳/۵۲	۱۲/۴۰	۰/۲۲
	d	۲۴۰	۲۴/۲	۴۲/۰۷	۲۳/۲۷	۳۱/۱۴	۴/۱۳	۱۷/۰۲	۰/۳۴
	e	۲۴۰	۱۹/۲۳	۴۲/۳۷	۲۳/۱۳	۳۰/۱۶	۴/۶۴	۲۱/۵۴	۰/۳۲
تبخیر									
حرارت در عمق ۳۰ سانتی متر (°C)	a	۳۱۲	۱۰/۸۰	۲۹/۲۰	۱۸/۴۰	۲۲/۷۳	۴/۹۰	۲۳/۹۸	-۰/۷۷
	b	۲۴۳	۱۰/۴۰	۲۷/۱۰	۱۶/۷۰	۲۰/۸۰	۴/۶۸	۲۱/۹۲	-۰/۵۳
	c	۱۵۷	۱۳	۲۶	۱۳	۲۲/۰۴	۳/۹۹	۱۵/۸۹	-۰/۹۳
	d	۳۱۰	۱۰/۸۰	۲۷/۰	۱۶/۲	۲۱/۹۶	۴/۴۷	۲۰	-۰/۸۹
	e	۱۵۷	۱۴	۲۸/۸	۱۴/۸	۲۲/۷۳	۴/۱۳	۱۷/۰۵	-۰/۸۵

قرار گرفت و به منظور تعیین اختلاف رطوبت بین تیمارهای مختلف از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. برای تعیین برابری واریانس، از آزمون بارتلت و به منظور بررسی ثبات واریانس از روش تحلیل واریانس وزن داده شده به نام ولج آنوا استفاده شد. برای مقایسه بین میانگین رطوبت تیمارها و انتخاب گروه‌ها، از آزمون گروه‌بندی توکی استفاده شد. برای مقایسه میانگین رطوبت ماهانه که تعداد داده‌ها از حد نرمال کمتر بوده، از آزمون ناعملی کای اسکوتر استفاده شد.

نتایج و بحث

درجه حرارت خاک در طول مدت اجرای طرح تغییرات تا حدود زیادی از خود نشان داده است به طوری که حداقل به میزان ۱۰/۴ درجه سانتی‌گراد در اردیبهشت و حداکثر ۲۸/۸ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه در تیمار e مشاهده می‌شود. کمترین اختلاف حداقل و حداکثر درجه حرارت خاک در تیمار c به میزان ۱۳ درجه سانتی‌گراد و بیشترین آن به میزان ۱۸/۴۰ درجه سانتی‌گراد در تیمار a مشاهده می‌شود. بیشترین میانگین درجه حرارت خاک معادل ۲۲/۷۳ درجه سانتی‌گراد مربوط به تیمارهای e و a می‌باشد و کمترین آن با درجه

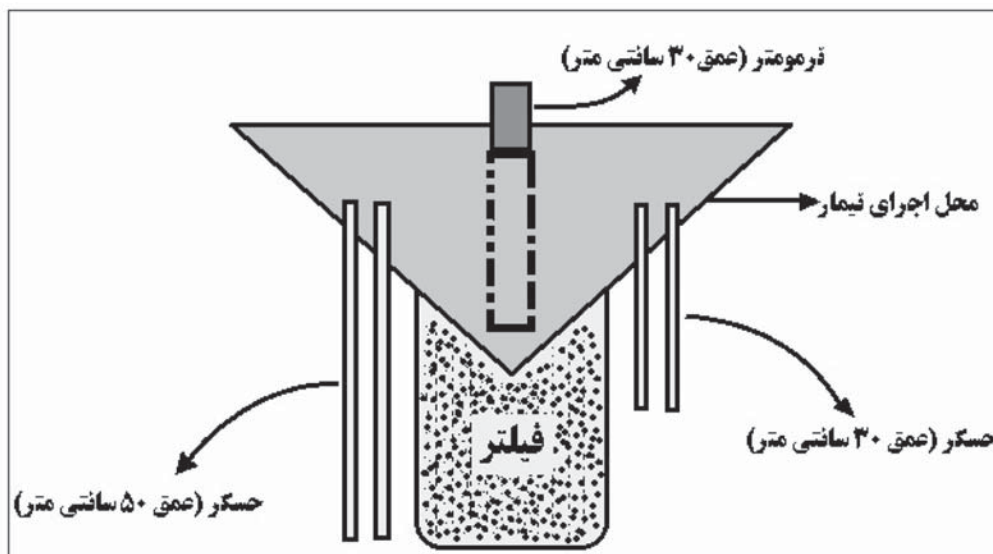
بارش و تبخیر از تشت طی سه سال متوالی مورد پایش و ارزیابی قرار گرفت.

در طول مدت اجرای طرح تعداد ۴۴ رخداد بارندگی از اواسط اردیبهشت تا اوایل آبان ماه ثبت گردیده است که حداقل آن ۰/۵ و حداکثر آن ۲۶ میلی متر می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این طرح تأثیر کارایی هر یک از تیمارها به منظور تعیین میزان رطوبت روزانه خاک (۶ صبح و ۶ عصر) از روش بلوک‌های به طور کامل تصادفی (تکرار × تیمار = تعداد) استفاده شده است. در روزهای بارندگی، یادداشت‌برداری بلافاصله پس از بارش با فاصله زمانی یک ساعته انجام شد.

پس از بررسی داده‌های مربوطه، رطوبت عمق‌های ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر در تیمارهای مختلف و حذف داده‌های مشکوک ناشی از خطای انسانی (به صورت چشمی)، نمودار بارندگی در برابر رطوبت ترسیم شده و روند تغییرات رطوبت خاک در تیمارهای مختلف به صورت نظری بررسی و با هم مقایسه گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده با نرم‌افزار SAS و SPSS مورد پردازش



شکل ۶ - موقعیت مکانی حرارت سنج‌های خاک و حسگرهای رطوبتی در تیمارها

و حداکثر رطوبت حجمی خاک در عمق ۵۰ سانتی‌متر به ترتیب ۱۷/۴۳ و ۲۳/۲۷ درصد در تیمارهای C و d مشاهده گردید. میانگین رطوبت خاک بین تیمارها در این عمق اختلاف چندانی با هم ندارند به طوری که بیشترین میانگین معادل ۳۱/۵۷ درصد مربوط به تیمار b و کم‌ترین آن معادل ۲۹/۲۰ درصد مربوط به تیمار c می‌باشد و اختلاف آن دو معادل ۲/۳۷ درصد می‌باشد؛ این درحالی است که اختلاف میانگین حداکثر با تیمار شاهد معادل ۱/۳۴ درصد است.

بررسی اختلاف رطوبت حجمی خاک در تیمارها

به منظور تعیین اختلاف میزان رطوبت حجمی خاک در عمق‌های ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر در سال‌های مختلف اجرای طرح از روش تجزیه واریانس استفاده شد. نتایج این تجزیه حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد بین تیمارها می‌باشد (جدول ۵).

بررسی عوامل تأثیرگذار بر رطوبت حجمی خاک



شکل ۸- نمای کلی از سامانه‌ها در وضعیت عایق و پوشش سنگریزه‌ای

حرارتی معادل ۲۰/۸۰ به تیمار b اختصاص دارد. اطلاعات کلی حاصل از ۲۸۸ بار یادداشت‌برداری از تشت تبخیرحاک‌ی از این است که نوسانات تبخیر روزانه از حداقل ۰/۱۸ میلی‌متر تا حداکثر ۱۷/۷۲ میلی‌متر در طول اجرای طرح متغیر می‌باشد به طوری که میزان متوسط تبخیر روزانه در مدت پایش ۸/۴۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. حداقل رطوبت خاک در عمق‌های ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر به ترتیب معادل ۱۳/۵ درصد در تیمار c و ۱۹/۲۳ درصد در تیمار e دیده شده است در صورتی که حداکثر رطوبت خاک در عمق‌های مذکور معادل ۴۱/۱۳ در تیمار a و ۴۲/۳۷ درصد در تیمار e رخ داده است.

نتایج حاصل از بررسی تغییرات رطوبت خاک در عمق‌های ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر از سطح خاک نشان می‌دهد که تغییرات رطوبتی در عمق ۵۰ سانتی‌متر به دلیل تبادل حرارتی پایین خاک و هوا تا حدوداً کمتر از عمق ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد به طوری که اختلاف حداقل



شکل ۷ - نمای کلی از سامانه‌ها در وضعیت عایق

جدول ۵- تجزیه واریانس رطوبت خاک در تیمارهای مختلف طی سالهای اجرای طرح

سال	عمق خاک (سانتی متر)	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
اول	۳۰	۴	۱۶۳۳/۳	۴۰۸/۳۲	* ۲۸/۳۷
	۵۰	۴	۱۵۶/۷۱	۳۹/۱۸	* ۴/۷۳
دوم	۳۰	۴	۱۶۳۷/۴۴	۴۰۹/۳۶	* ۳۷/۴۴
	۵۰	۴	۶۰۲/۷۷	۱۵۰/۶۹	* ۱۰/۸۷
سوم	۳۰	۴	۵۹۸۶/۲۶	۱۴۹۶/۵۷	* ۱۰۹/۵۰
	۵۰	۴	۳۲۳۲/۷۸	۸۰۸/۱۹	* ۴۴/۸۱
کلی	۳۰	۴	۸۷۲۵/۷۶	۲۱۸۸/۴۴	* ۱۲۱/۷۸
	۵۰	۴	۲۳۶۶/۶۱	۵۹۱/۶۵	* ۲۶/۹۱

* معنی داری در سطح اعتماد ۵٪

می‌دهد پوشش پلاستیک، افزایش و پوشش سنگریزه، کاهش درجه حرارت خاک را به همراه دارد. بدین ترتیب درجه حرارت خاک تعدیل می‌گردد و اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد در همان سطح اعتماد ملاحظه نمی‌شود. نتیجه حاصل، حاکی از تأثیر مثبت بیشتر پوشش سنگریزه در کاهش درجه حرارت خاک نسبت به تأثیر منفی پوشش پلاستیکی در افزایش آن است (جدول ۴).

اگر چه در دهه های گذشته روش‌های جمع‌آوری آب باران و ذخیره رطوبت توسط پژوهشگران متعددی مورد بررسی قرار گرفته است اما مطالعات یاد شده یا فاقد روش‌های ذخیره رطوبت در خاک بوده و یا این که از مواد هیدروکربنی (از قبیل مالچ نفتی) جهت افزایش رواناب و کاهش تبخیر از سطح مورد استفاده شده است. نتایج طرح مشابه‌ای که توسط خواجه‌ای [۷] درمورد ماندگاری رطوبت در پروفیل خاک با استفاده از تیمارهای مختلف در سامانه‌های آبگیر لوزی شکل انجام شده، حاکی از افزایش رطوبت خاک در سامانه‌هایی با پوشش پلاستیکی به همراه سنگریزه و با بکارگیری فیلتر سنگریزه‌ای بوده است که نسبت به تیمار شاهد ۷/۶۴ درصد افزایش رطوبت را نشان می‌دهد که این اختلاف ناشی از عوامل مختلفی همچون مقدار و توزیع زمانی بارش، شرایط فیزیکی خاک، وضعیت پستی و بلندی و شیب محل می‌باشد. همین بررسی نشان می‌دهد ضریب رواناب به شدت افزایش یافته و از ۶ درصد به ۴۷ درصد می‌رسد.

وجود فیلتر در تیمار باعث انتقال آب به عمق بیشتر می‌باشد لذا در عمق ۳۰ سانتی‌متر رطوبت حجمی خاک در تیمار b (بدون فیلتر) بیشتر از تیمار d (با فیلتر) می‌باشد. در عمق ۵۰ سانتی‌متر رطوبت تیمار d به دلیل وجود فیلتر افزایش می‌یابد. این افزایش در تیمار b نیز ادامه دارد، لذا کماتر رطوبت حجمی تیمار b بدون وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد از تیمار d بیشتر است. به همین دلیل، تیمار b به دلیل سهولت در کاربرد، برای عمق ۵۰

عوامل مختلفی در میزان رطوبت حجمی خاک اثر دارند که شامل نوع تیمار، ماه و وضعیت تغییر پوشش سامانه در طول اجرای طرح هستند.

جدول تجزیه واریانس حاکی از رد فرض صفر برای هر کدام از عوامل فوق‌الشاره و تأثیر مرکب آنها در عمق ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر با سطح اعتماد ۹۵ درصد بجز تأثیر مرکب هر سه عامل در عمق ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد (جدول ۶).

مقایسه میانگین رطوبت حجمی خاک و انتخاب تیمار

حداکثر

به منظور مقایسه میانگین رطوبت حجمی خاک در تیمارهای مختلف و تعیین گروه‌های مشابه تیمارها در دو عمق ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر در کلیه سال‌های اجرای طرح، از آزمون توکی استفاده شد. در این آزمون میانگین‌های تیمارهای مختلف با یکدیگر مقایسه و گروه‌بندی شدند. نتیجه حاصل نشان می‌دهد تیمارهای b و d بهترین تیمار از نظر نگهداشت رطوبت در دو عمق ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر می‌باشند (جدول ۷). علت اختلاف در نتایج سال دوم و سوم می‌تواند حاصل از میزان بارش و عایق شدن سطح سامانه در اواسط سال دوم باشد که باعث نگهداشت رطوبت بیشتر در خاک شده است.

بررسی درجه حرارت خاک در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که پوشش پلاستیکی (تیمار a) با جلوگیری از تبخیر از سطح خاک موجب افزایش درجه حرارت خاک می‌گردد اما پوشش سنگریزه (تیمار c) با ایجاد یک لایه محافظ در سطح خاک مانع از تابش مستقیم نور خورشید به سطح خاک شده و سبب کاهش درجه حرارت خاک می‌گردد، به طوری که اختلاف هر دو تیمار با تیمار شاهد با سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. با تلفیق این دو پوشش (تیمار b)، نتیجه جالب توجهی حاصل می‌گردد که نشان

جدول ۶- تجزیه واریانس عوامل تأثیرگذار بر رطوبت خاک در کل مدت اجرای طرح

منبع تغییرات	عمق	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تیمار	۳۰	۴	۴۸۰۹/۵۱	۱۲۰۲/۳۸	* ۱۴۰/۳۰
	۵۰		۸۱۹/۱۹	۲۰۴/۸۰	* ۱۶ /۰۹
ماه	۳۰	۵	۱۹۷۶۲/۶۶	۳۹۵۲/۵۳	* ۴۱۶/۱۹
	۵۰		۱۶۲۵۰/۲۱	۳۲۵۰/۰۴	* ۲۵۵/۴۱
وضعیت (عایق و غیر عایق)	۳۰	۱	۱۳۸۳۶/۷۵	۱۳۸۳۶/۷۵	* ۱۶۱۴/۵۱
	۵۰		۱۲۶۲۹/۱۸	۱۲۶۲۹/۱۸	* ۹۹۲/۴۸
وضعیت × ماه	۳۰	۵	۱۹۵۴/۸۷	۳۹۰/۹۷	* ۴۵/۶۲
	۵۰		۱۵۹۹/۵۵	۳۱۹/۹۱	* ۲۵/۱۴
وضعیت × تیمار	۳۰	۴	۲۱۶/۶۳	۵۴/۱۶	* ۶/۳۲
	۵۰		۱۳۰/۱۱	۳۲/۵۲۷۹۵	* * ۲/۵۶
ماه × تیمار	۳۰	۲۰	۱۳۹۷/۶۸	۶۹/۸۸	* ۸/۱۵
	۵۰		۸۹۳/۳۷	۴۴/۶۷	* ۳/۵۱
تیمار × ماه × وضعیت	۳۰	۲۰	۴۵۵/۶۵	۲۲/۷۸	* ۲/۶۶
	۵۰		۳۳۵/۰۱	۱۶/۷۵	ns ۱/۳۲

* اختلاف آماری در سطح ۱٪ معنی دار است، ** اختلاف در سطح ۵٪ معنی دار است و ns اختلاف معنی دار نیست

حداکثر در عمق ۵۰ سانتی متر در حفظ رطوبت خاک می باشند. میزان اختلاف نگهداشت رطوبت خاک در سه سال متوالی و حالت کلی با تیمار شاهد در عمق ۳۰ سانتی متر به ترتیب برابر ۴/۴۱، ۲/۴۰، ۲/۶۲ و ۲/۶۲ درصد و در عمق ۵۰ سانتی متر به ترتیب برابر ۱/۶۸، ۱/۲۰، ۱/۸۴ و ۱/۲۱ درصد می باشد (جدول ۷). از آن جایی که دو تیمار فوق از نظر کارایی در عمق ۵۰ سانتی متر اختلاف معنی داری نسبت به یکدیگر ندارند بنابراین به منظور سهولت در اجرا و کاهش هزینه ها، تیمار b به عنوان تیمار حداکثر در نگهداشت رطوبت خاک در هر دو عمق توصیه می شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش حاصل یک طرح پژوهشی می باشد که با مسئولیت اجرایی اینجانب در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران به انجام رسیده است. بدینوسیله از کلیه پژوهشگران مرکز مذکور که در مدت اجرای طرح اینجانب را صمیمانه یاری نموده اند کمال تشکر را دارم.

منابع

1 – Boers, Th. M. 1994. Rainwater Harvesting in Arid and Semi-Arid Zones. University of Wageningen, International Institute for Land Reclamation and

سانتی متر به عنوان تیمار حداکثر انتخاب می گردد. در حالت کلی رابطه رطوبت و درجه حرارت خاک را اینگونه می توان تفسیر کرد که پوشش سنگریزه ای سبب تبادل حرارتی بین هوا و خاک شده و به تبع آن کاهش رطوبت حجمی خاک را به همراه دارد. پوشش پلاستیکی به دلیل جلوگیری از تبخیر مستقیم آب از خاک موجب افزایش رطوبت حجمی خاک می شود. به کارگیری توام پوشش سنگریزه ای روی پوشش پلاستیکی (تیمار b) دارای تأثیر متقابل و خاصی است. بدین ترتیب که سنگریزه موجب کاهش درجه حرارت خاک می شود اما به دلیل وجود پوشش پلاستیکی موجود در زیر آن تبادل حرارت مستقیمی با خاک ندارد. از طرفی پوشش پلاستیکی به دلیل جلوگیری از تبخیر موجب افزایش رطوبت خاک می شود. به همین دلیل عملکرد توام این دو پوشش به سبب افزایش رطوبت حجمی خاک نسبت به تیمار شاهد، قابل ملاحظه است.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش در جمع آوری آب باران و نگهداشت رطوبت در خاک حاکی از این است که تیمار b (استفاده توام پلاستیک و سنگریزه روی سطح چاله پای سامانه) با میانگین رطوبت حجمی ۲۸/۷۶ درصد به عنوان تیمار حداکثر در عمق ۳۰ سانتی متر و تیمارهای b و d (تیمار b + فیلتر سنگریزه ای) بترتیب با میانگین رطوبت حجمی ۳۱/۴ و ۳۱/۱ درصد به عنوان تیمارهای

جدول ۷- مقایسه میانگین رطوبت حجمی خاک در تیمارهای مختلف و تعیین گروه‌های مشابه با استفاده از آزمون توکی

سال	تیمار	میانگین رطوبت خاک در عمق		گروه آزمون در عمق				تیمار حداکثر		اختلاف رطوبت تیمار حداکثر با تیمار شاهد (درصد)	
		۳۰ (سانتی‌متر)	۵۰ (سانتی‌متر)	۳۰ (سانتی‌متر)	۵۰ (سانتی‌متر)	۳۰ (سانتی‌متر)	۵۰ (سانتی‌متر)	۳۰ (سانتی‌متر)	۵۰ (سانتی‌متر)	۳۰ (سانتی‌متر)	۵۰ (سانتی‌متر)
اول	a	۲۱/۲۱	۲۴/۸۴		B		A				
	b	۲۲/۴۴	۲۵/۲۱	A	B		A				
	c	۱۷/۱۹	۲۳/۸۱	D			B				
	d	۲۳/۴۹	۲۵/۵۷	A			A			۴/۴۱	۱/۶۸
	e	۱۹/۰۸	۲۳/۸۹	C			B				
دوم	a	۲۷/۲۱	۳۰/۲۲	A			A				۱/۲۰
	b	۲۷/۳۸	۲۸/۶۲	A			C			۲/۴۰	
	c	۲۳/۶۹	۲۸/۲۸	D			C				
	d	۲۶/۱۱	۲۷/۷۵	B			C				
	e	۲۴/۹۸	۲۹/۰۲	C			B				
سوم	a	۲۸/۵۴	۳۱/۷۶	B			B				
	b	۳۰/۱۱	۳۳/۲۴	A			A			۲/۶۲	۱/۸۴
	c	۲۵/۴۷	۳۰/۰۹	D			D				
	d	۲۹/۲۱	۳۳/۱۰	A			A				
	e	۲۷/۵۰	۳۱/۴۰	C			C				
کلی	a	۲۷/۵۶	۳۰/۷۷	B			B				
	b	۲۸/۷۶	۳۱/۳۷	A			A			۲/۶۲	۱/۲۱
	c	۲۴/۲۹	۲۹/۱۰	D			E				
	d	۲۷/۹۵	۳۰/۱۴	B			A				
	e	۲۶/۱۴	۳۰/۱۶	C			D				

System and the Using for Agriculture on Loess Plateau of China, 12th ISCO Conference.

6 – JAMAB Company. 2000. Report of Water Integrated Plan for Country (in Persian).

7 – Khajehei, E., 2005. Evaluating of Different Treatment on Increasing Soil Moisture in Lozenge Shape Micro Catchments. Proceedings of the Second National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources, Kerman, Iran. 2: 780-785. (in Persian)

8 – Kosar, A. 1985. Efficiency of Bitumen for Runoff Generation and Dry land Farming on Tree Growing.

Improvement, Wageningen, the Netherlands, pp. 6-23.

2 – Boers, Th. M. and J. Ben-Asher. 1980. Water Harvesting in the Desert in: Annual Report 1979.

3 – Ghodosi, J. 2003. Different Type of Water Harvesting. final report in Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. pp; 1-30. (in Persian)

4- Gupta, G. N. 1994. Conserving Rainwater for Plant Production. Journal of Ecological Management. 70: 329-339.

5- Huang, Z.B., Shan, L., Gao, J.E., Yang, X. M., and Meni Ben- Hur. 2002. Artificial Rainwater Harvesting

of Micro catchment on Soil Moisture in East of Golestan Province (in Persian). Proceedings of the Second National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources, Kerman, Iran. Vol 1, pp; 88-89. (in Persian)

14 – Shekarchian, A. 2005. Evaluating of Different Method of Water Harvesting for Planting Almonds in Piroyeh Watershed. Proceedings of the Second National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources, Kerman, Iran. 2: 731-734. (in Persian)

15 – Tavakoli, A. R., Oweis, Th. 2005. Improving Rain Water Productivity by Micro Catchments Water Harvesting (MCWH) Systems the Northwest of IRAN. IV International Symposium on Pistachios and Almonds. pp; 18:19 Book of abstracts. (in Persian)

Forest and Range Research Institute Pub. No: 43. (in Persian)

9 – Rastegar, H. 2005. Comparing Flat and lozenge Micro Catchment Shape to Increase Soil Moisture by Collecting Surface Runoff in Hormozgan Province. Proceedings of the Second National Conference on Watershed Management & Soil and water resources, Kerman, Iran. 2: 751-758. (in Persian).

10 – Rezaei, A. and Mosavi, S. J., 2010, Necessity for Isolation of Micro Catchment for Water Harvesting. Journal of Iran-Watershed Management Science & Engineering, Vol. 4, No. 11. (in Persian)

11– Sepaskhah, A. 1992. Water Harvesting in Desert Area. Proceedings of the National Conference on Desert, Yazd, Iran., pp; 46-59. (in Persian)

12 – Sepaskhah, A. 1982. Final project on Water Harvesting in Flat Area. Agriculture Faculty of Shiraz University, No: AG-298-18. (in Persian)

13 – Shahini, Gh. 2005. Evaluating of Different Type