

تأثیر سامانه‌های استحصال آب باران بر تغییرات رطوبتی پروفیل خاک در چاله نهال بادام

زهرا بیرانوند^۱، ناصر گنجی خرم‌دل^۲ و حشمت‌اله آقارزی^{۳*}

چکیده

دیم‌زارهای کم‌بازده و مراتع ضعیف، کانون‌های فرسایش آبی هستند. برای کنترل فرسایش خاک و افزایش تولید، کاشت درختان مثمر از طرف آبخیزنشینان انجام می‌گیرد؛ اما عامل محدودکننده رطوبت است که با جمع‌آوری رواناب ناشی از بارش می‌توان آن را تأمین کرد. به این منظور از سامانه‌های استحصال آب باران استفاده می‌شود. در این پژوهش، سطح جمع‌آوری کننده آب باران به مساحت ۴۰ مترمربع انتخاب، در انتهای شیب گودالی حفر و نهال بادام کشت شده است. بر اساس عایق بودن سطح سامانه‌ها و قرار دادن فیلتر شنی در چاله نهال، شش سامانه به‌کار گرفته شد. برای ارزیابی کارایی این سامانه‌ها، به بررسی تغییرات رطوبت پروفیل خاک در چاله نهال‌های بادام پرداخته شد. به این منظور بلوک‌های گچی کالیبره شده در آزمایشگاه، در اعماق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری کار گذاشته شد. پس از هر بارش که رواناب ایجاد شد، بعد از گاورو شدن زمین، اعداد بلوک با دستگاه رطوبت‌سنج قرائت شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از شاخص‌های توصیفی و آزمون‌های تحلیل واریانس یک‌طرفه و دانکن استفاده شد. طبق نتایج، بین درصد رطوبت خاک چاله نهال تیمارها در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت؛ ولی بین درصد رطوبت خاک عمق ۳۰ با ۶۰ سانتی‌متری در هیچ‌یک از تیمارها، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. با توجه به نتایج، کمترین و بیشترین رطوبت به ترتیب در سامانه مرتع معمولی و سامانه نیمه‌عایق پلاستیک مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد کاربرد سوپر جاذب در چاله نهال نسبت به شرایط تیمار شاهد، می‌تواند در افزایش رطوبت خاک برای استقرار و رشد نهال بادام دیم عملکرد بهتری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بادام دیم، رطوبت خاک، رواناب، نفوذ، فیلتر شنی.

ارجاع: بیرانوند ز. گنجی خرم‌دل ن. و آقارزی ح. ۱۳۹۶. تأثیر سامانه‌های استحصال آب باران بر تغییرات رطوبتی پروفیل خاک در چاله نهال بادام. مجله پژوهش آب ایران. ۲۴: ۴۵-۵۴.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه اراک.

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه اراک.

۳- مربی بخش تحقیقات آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی.

* نویسنده مسئول: agharazi_h@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۱۶

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت در کنار مصرف بی‌رویه آب، مشکلات زیادی را در تأمین آب شهری و روستایی کشور فراهم کرده است. با توجه به اینکه عمده مصرف آب در بخش کشاورزی است، لذا ضرورت تحقیق در زمینه استفاده از منابع آب جایگزین و نیز روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب بسیار ضروری است (صادق‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). از طرفی تنش آبی و کمبود مواد مغذی از فاکتورهای اصلی محدودیت‌کننده در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۳). این در حالی است که سطح اراضی دیم در دامنه‌های مستعد مناطق نیمه‌خشک قابل توجه است که با تنش آبی و کمبود مواد مغذی، با خطر افزایش رواناب‌های سطحی در نتیجه تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی نیز روبرو هستند. در این میان، سیاست بیشتر سازمان‌های زیست محیطی استفاده از "بهترین اقدامات مدیریتی" است. مزایای این اقدامات شامل کاهش و به تأخیر انداختن حجم رواناب سیلاب‌ها، افزایش تغذیه آب‌های زیرزمینی، کاهش آلودگی سیلاب‌ها، افزایش تجزیه کربن، کاهش انرژی‌های گرم‌آه، بهبود کیفیت هوا، افزایش زیستگاه آبزیان، حیات وحش و تفرجگاه، بهبود سلامت انسان و بالابردن ارزش اراضی است (مورتون، ۲۰۰۲؛ مودوکریشان و همکاران، ۲۰۰۴ و پلات، ۲۰۰۶). برای کاهش رواناب سطح، افزایش رطوبت خاک و عملکرد محصول، یک روش کارآمد و سنتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تکنیک جمع‌آوری آب باران است که از هزاران سال پیش به طور گسترده‌ای در مناطق مدیترانه، خاورمیانه و جنوب آمریکا کاربرد داشته است (هو و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک حاکم بر بخش عمده کشور که کمبود بارش و پراکنش نامنظم آن منجر، به تنش‌های رطوبتی خاک می‌شود، می‌توان با به کارگیری سامانه‌های استحصال آب باران خطر پتانسیل سیل‌خیزی را کاهش داد. از طرفی آگاهی از پتانسیل سامانه‌های استحصال آب باران، به عنوان یک جایگزین کم‌هزینه برای احیاء پوشش گیاهی مراتع تخریب شده در چند دهه اخیر توسعه یافته است (گاموه، ۲۰۱۳) که با توجه به وضعیت تخریب مراتع کشور، استحصال آب باران می‌تواند در بهبود پوشش گیاهی مراتع تخریب شده و اراضی رها شده دیم نقش مؤثری داشته باشد. از این‌رو استفاده از سامانه‌های

استحصال آب باران در بخش کشاورزی و مصارف غیرشرب شهری مورد پذیرش قرار گرفته که فواید زراعی و اقتصادی فراوان آن، این موضوع را تصدیق می‌کند (وروانی و همکاران، ۱۳۹۱). سامانه آبگیر باران سطح شیب‌داری است که آب حاصل از بارش را به یک نقطه خروجی هدایت کند. برای افزایش مقدار رواناب، روی سطح را با موادی مثل صفحات فلزی، آسفالت، بتن، پلاستیک، مالچ یا مواد شیمیایی پوشانده، همچنین با کوبیدن سطح زمین تمیز کردن زمین از سنگ و موانع نیز نفوذپذیری را کم می‌کنند. به عبارتی سامانه سطح آبگیر عبارت است از حوضه آبخیز کوچک که رواناب داخل آن به انتهای حوضه هدایت و از آن استفاده می‌شود. در این سیستم رواناب جمع‌آوری شده می‌تواند به زمین زراعی یا باغ هدایت شده و یا داخل مخزنی جمع‌آوری و در مواقع مورد نیاز به مصرف برسد. در بخش کشاورزی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران با عنوان "آبیاری تکمیلی" یک عملیات خیلی مؤثر با پتانسیل بالا برای افزایش تولیدات کشاورزی و بهبود معیشت در مناطق خشک به حساب می‌آیند (اویس و هاچوم، ۲۰۰۶). در این زمینه کلاف (۱۹۸۹) بر قابلیت کشت و کار اراضی ایالت آریزونا آمریکا در نتیجه به کارگیری سامانه‌های سطوح آبگیر اشاره دارد. سولمان و همکاران (۱۹۹۵) با بررسی توسعه سامانه‌های استحصال آب باران در مراتع خشک پاکستان نتیجه گرفتند که میزان رطوبت در اواخر فصول خشک افزایش داشته است. بان و همکاران (۲۰۰۳)، آدکالو و همکاران (۲۰۰۹) و هو و همکاران (۲۰۱۴) به کارگیری این سامانه‌ها همراه با آبیاری تکمیلی را مناسب تولید سیب زمینی می‌دانند. سپاس‌خواه و فولادمند (۲۰۰۴) نیز بر کارایی خوب حوضچه‌های کوچک آبگیر به عنوان یک سامانه جمع‌آوری آب باران برای باغ‌های باجگاه استان فارس اشاره دارند. لی و همکاران (۲۰۰۶) پشته‌های پوشیده شده با پلاستیک و گراول را مناسب در افزایش ذخیره رطوبت خاک عنوان کردند. نتایج پژوهش گائو و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد ماندگاری آب خاک در منطقه ریشه (۶۰ سانتی‌متری) باغ‌ها شیب‌دار عناب بیشتر است. کارگاس و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که در طول دوره بارانی در لایه شخم زده شده و عاری از پوشش گیاهی طبیعی، مقدار نفوذ و ذخیره بیشتر است. گاموه (۲۰۱۳) شخم‌زنی را به عنوان یکی از روش‌های استحصال آب باران برای افزایش دوره

مراعات تخریب شده می‌تواند بر بهبود استقرار و احیاء پوشش گیاهی کمک کند. در این زمینه، به کارگیری آب استحصالی در آبیاری کشاورزی و باغداری دیم، علاوه بر استفاده مناسب از اراضی شیب‌دار، به عنوان راه‌کاری مناسب برای اصلاح الگوی مصرف آب نیز به شمار می‌رود (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱ و بیازین و همکاران، ۲۰۱۲).

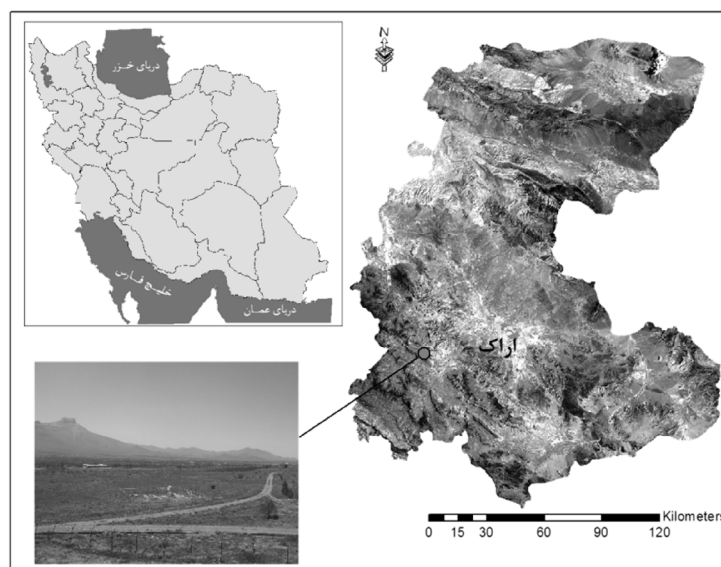
با توجه به اهمیت موضوع، در این تحقیق به بررسی تغییرات رطوبت خاک در نتیجه به کارگیری چند تیمار استحصال آب باران پرداخته می‌شود که بدین منظور اراضی شیب‌دار دیم در ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی خسیبجان استان مرکزی انتخاب شد. با شفاف‌سازی میزان ذخیره رطوبت خاک در هر تیمار، می‌توان ضمن انتخاب بهترین روش استحصال آب باران، برنامه‌های مدیریتی را به جهت احیاء و تقویت پوشش گیاهی دامنه‌ای و کاهش خطر فرسایش و سیل‌خیزی ارائه داد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه اجرای طرح

عرصه تحقیق طرح، ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی خسیبجان در فاصله ۴۵ کیلومتری غرب اراک است (شکل ۱). بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه کليما تولوژی خنداب، متوسط سالانه بارندگی ۳۵۱ میلی‌متر و درجه حرارت ۹/۳ درجه سلسیوس است که طبق اقلیم‌نمای آمبرژه در طبقه نیمه‌خشک سرد قرار دارد.

مرطوب و شرایط مناسب کشت آتریپلکس در مناطق خشک دانست. ولدروفیل و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی روش‌های مختلف مدیریت منابع آب، بر کارایی بهتر روش استفاده از سامانه‌های جمع‌آوری آب درون مزرعه‌ای اشاره داشتند. ژو و همکاران (۲۰۱۴) به این نکته اشاره دارند که در مقیاس کوچک رطوبت خاک تحت تأثیر عوامل محلی از جمله وزن مخصوص ظاهری، نوع زمین، ارتفاع، گرادیان شیب، موقعیت شیب، شکل شیب، جهت شیب و عمق خاک است. طهماسی و رجبی ثانی (۱۳۸۵) به امکان جمع‌آوری رواناب در دامنه‌های با شیب بالا و توسعه سطح زیرکشت درختان در اراضی پایین‌دست مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران اشاره کردند. طباطبایی یزدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز به این نتیجه رسیدند که در مناطقی با ارتفاع باران سالانه متوسط ۱۵۰ میلی‌متر نیز می‌توان مشروط به استحصال آب باران از زمین‌های اطراف و انجام دو نوبت آبیاری تکمیلی، نسبت به کشت گندم در اراضی مستعد اقدام کرد. یداللهی و همکاران (۱۳۹۱) استفاده از سامانه جمع‌آوری آب به همراه سوپرجاذب و مواد آلی را روشی مؤثر در احداث باغ‌های بادام دیم عنوان کردند. همچنین صادق‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی تیمارهای مختلف استحصال آب باران، تیمار سنگریزه در کنار چاله کشت نهال را به عنوان روشی مؤثر در افزایش رطوبت خاک عنوان کردند. با توجه به تحقیقات پیشین، به کارگیری سامانه‌های استحصال آب باران در اراضی دیم رها شده و



شکل ۱- موقعیت ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی خسیبجان در استان مرکزی

استقرار سامانه‌های استحصال آب باران

در این پژوهش، دامنه جنوبی با شیب حدود ۱۷ درصد با کاربری مرتع ضعیف انتخاب شد. برای اجرای کرت‌ها و تکرارهای مربوطه سه قطعه زمین در نظر گرفته شد. طول هر قطعه ۳۰ متر در جهت عمود بر شیب و عرض آن هشت متر در امتداد شیب بود. سپس هر قطعه به شش کرت ۸×۵ تقسیم شد. مساحت سامانه‌ها (کرت‌ها) ۴۰ متر مربع، هشت متر در جهت شیب و پنج متر عمود بر شیب بود. دور کرت‌ها با خاکریز به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر محصور شد. بین تکرارها جاده‌ای به فاصله سه متر برای دسترسی در نظر گرفته شد (شکل ۲). در خروجی هر سامانه یک چاله به عمق ۱۰۰ سانتی‌متر با قطر ۶۰ سانتی‌متر حفر شد که در آن نهال بادام مستقر شد. فاصله نهال‌ها از هم پنج متر است. وظیفه اصلی سامانه‌ها جمع‌آوری و هدایت آب حاصل از هر رگبار به چاله نهال است. تیمارها بر

حسب نوع پوشش سطح سامانه آبیگر و وجود فیلتر سنگ‌ریزه‌ای در چاله نهال به منظور نفوذ سریع رواناب تقسیم‌بندی شده‌اند. فیلتر سنگ‌ریزه‌ای ستونی به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر مربع و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر است که دارای شن نخودی و در سمت بالادست نهال کار گذاشته شده و آب سامانه از این طریق به عمق خاک پایه نهال نفوذ داده می‌شود؛ بنابراین تیمارهای طرح که شامل شش سامانه آبیگر باران و دارای سه تکرار بودند، اجرا شدند. تیمارها در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در جدول ۱ آورده شده است. گفتنی است در هر چاله نهال، مخلوط کاه و کلش و کود دامی با خاک (به میزان ۲۰ درصد حجمی) به منظور افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک انجام شد. همچنین پایین دست چاله‌ها به منظور ذخیره رطوبت و کنترل سرعت جریان آب در جهت شیب دامنه با پلاستیک عایق شد.



استقرار بلوک گچی



سامانه استحصال نیمه‌عایق

شکل ۲- نمایی از سامانه استحصال نیمه‌عایق و استقرار بلوک گچی

جدول ۱- تیمارهای مطالعاتی در منطقه

مشخصات	سامانه
سطح مرتع فعلی - چاله نهال پر شده با خاک	A*
سطح تمیز شده از بوته و سنگلاخ - چاله نهال پر شده با خاک	B
سطح تمیز شده از بوته و سنگلاخ - چاله نهال با فیلتر شنی	C
سطح نیمه‌عایق پلاستیک و مرتع - چاله نهال پر شده با خاک	D
سطح نیمه‌عایق پلاستیک و مرتع - چاله نهال با فیلتر شنی	E
سطح مرتع فعلی - چاله نهال با سوپر جاذب	F

* تیمار شاهد

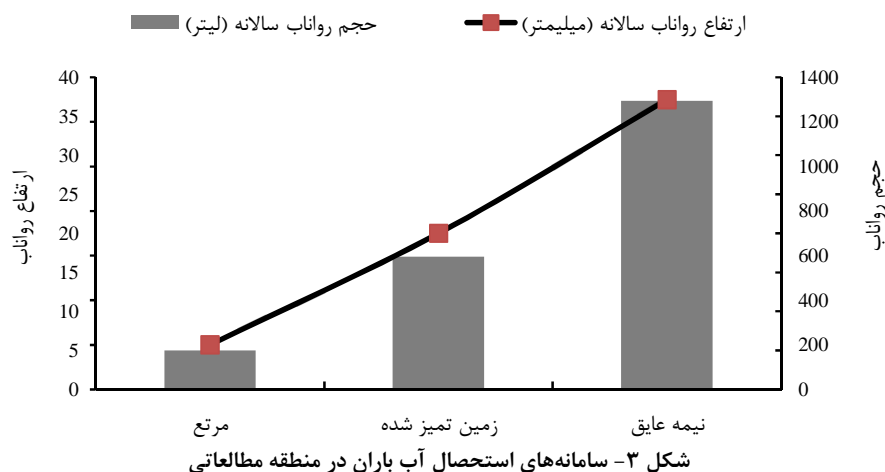
۲). از اول آبان سال ۱۳۸۷ تا آخر اردیبهشت ۱۳۹۳ تعداد ۲۶ بارش با توانایی تولید رواناب رخ داد. پس از هر بارش با گاور شدن زمین عدد هر بلوک توسط دستگاه قرائت و

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک در هر چاله نهال دو عدد بلوک گچی که قبلاً در آزمایشگاه کالیبره شده‌اند، در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری کار گذاشته شدند (شکل

SPSS به صورت زیر استفاده شد: الف: توصیف معیارهایی نظیر مقدار حدی، میانگین، تست نرمالیت، آماره های توصیفی چولگی و کشیدگی. ب: مقایسه رطوبت خاک بین دو عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی متر با آزمون تی تست زوجی. ج: تعیین اختلاف معنی داری بین میانگین وزنی رطوبت تیمارها با آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و د: مقایسه بین میانگین مقدار رطوبت تیمارها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

با تجزیه و تحلیل داده های بارش و رواناب، در طول دوره طرح تعداد ۲۶ رویداد با مجموع بارش ۳۴۹ میلی متر ثبت شد که مقدار حجم و ارتفاع سالانه هر سامانه آبرگیر در شکل ۳ آمده است. با توجه به این نتایج، بیشترین رواناب در سامانه نیمه عایق و کمترین آن در سامانه مرتع فعلی به دست آمده است.



شکل ۳- سامانه های استحصال آب باران در منطقه مطالعاتی

عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی متری نشان می دهد. با توجه به این نتایج، ارتباط قوی بین رطوبت خاک در عمق ۳۰ با ۶۰ سانتی متر وجود دارد؛ به گونه ای که همبستگی در همه تیمارها بالای ۹۵ درصد است. از طرفی بین رطوبت دو عمق اختلاف قابل توجه وجود ندارد و معنی داری در همه سطوح اطمینان کمتر از ۹۵ درصد است. با وجود معنی دار نبودن اختلافها، میانگین و مجموع درصد رطوبت خاک علاوه بر تمیاز شاهد (A)، در تیمارهای B، D و F نیز در عمق ۳۰ سانتی متر بیشتر از عمق ۶۰ سانتی متر است؛

میزان رطوبت تعیین و مقدار بارش هر رگبار نیز از باران سنج ایستگاه خسیبجان مشخص شد. همچنین ارتفاع رواناب هر سامانه استحصالی نیز بر اساس حجم رواناب اندازه گیری شده از سامانه های متناظر که به جای چاله نهال، بشکه های ۲۰۰ لیتری در خروجی داشتند، اندازه گیری شد. همچنین از برنامه بانک اطلاعاتی نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی در دشت های کشور (NETWAT)، نیاز خالص آبیاری بادام برای دشت شراه استان مرکزی استخراج شد تا با توجه به رواناب هر یک از سامانه های استحصال آب باران، تأثیر به کارگیری این سامانه ها در تأمین آب مورد نیاز بادام بررسی شود. آبیاری تکمیلی نهال ها در تابستان در هر ۴۵ روز بیست لیتر برای هر نهال انجام شده است.

آزمون آماری تحقیق در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی است که از سه بلوک (تکرار) با شش تیمار تشکیل شده است؛ به گونه ای هر کرت آزمایشی یا سامانه آبرگیر معرف یک تیمار است. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار

جدول ۲ نتایج مربوط به شاخصه های آماری درصد رطوبت را در عمق های ۳۰ و ۶۰ سانتی متر نشان می دهد که بیانگر تغییرات کم رطوبت بین دو عمق است. نکته قابل توجه اینکه، میانگین رطوبت در نتیجه استفاده سوپر جذب در عمق ۳۰ سانتی متری چاله نهال از ۹/۴ به ۱۶/۱ درصد و در عمق ۶۰ سانتی متری از ۸/۲ به ۱۳/۸ درصد افزایش پیدا کرده است که با نتایج تحقیقات یداللهی و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد. جدول ۳ نیز نتایج آزمون تی تست زوجی را به منظور مقایسه رطوبت خاک بین دو

زمانی متغیر در عمق‌های نزدیک به سطح خاک بیشتر باشد. با این حال سامانه‌های نیمه‌عایق برای جمع‌آوری رواناب بالاتر، تأثیر بیشتری بر رطوبت خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متری داشته‌اند. با توجه به تحقیقات گائو و همکاران (۲۰۱۱) که بیانگر ماندگاری بیشتر رطوبت خاک در منطقه ریشه (۶۰ سانتی‌متری) باغ‌های شیب‌دار است، سامانه‌های نیمه‌عایق C و E می‌توانند نسبت به سایر سامانه‌های مطالعاتی در بهبود رطوبت چاله نهال بادام مؤثر واقع شوند.

ولی در تیمارهای C و E که سطح سامانه آن‌ها نیمه‌عایق است، رواناب استحصالی تأثیر بیشتری در اعماق پایین‌تر داشته است. از آنجا که مقدار رطوبت در اعماق مختلف خاک تابعی از میزان فاصله از سطح زمین به دلیل کاهش تبخیر است، بایستی انتظار داشت که در شرایط یکنواخت و بدون بارندگی در اعماق بیشتر، میزان رطوبت خاک بیشتر باشد. به نظر می‌رسد به دلیل قابلیت نفوذ بیشتر سامانه‌های مرتع فعلی و مرتع تمیز شده نسبت به سامانه نیمه‌عایق، مقدار نفوذ بارش‌های کوتاه مدت با فواصل

جدول ۲- شاخصه‌های آماری درصد رطوبت خاک در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری

تیمار	حداقل		حداکثر		جمع		میانگین		چولگی		کشیدگی	
	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰
A	۲	۵	۲۶	۲۲	۲۴۴	۲۱۴	۹/۴	۸/۲	۰/۸۷	۱/۴۷	-۰/۶۱	۰/۹۰
B	۲	۵	۳۹	۳۷	۴۴۷	۴۴۱	۱۷/۲	۱۶/۹	۰/۳۳	۰/۵۵	-۰/۸۲	-۰/۸۰
C	۳	۷	۵۸	۵۵	۶۶۳	۶۵۲	۲۵/۵	۲۵/۱	۰/۳۱	۰/۵۳	-۰/۸۵	-۰/۸۲
D	۴	۳	۵۶	۵۶	۷۷۶	۷۸۸	۲۹/۸	۳۰/۳	-۰/۲۵	-۰/۳۹	-۱/۴۴	-۱/۴۲
E	۶	۴	۴۸	۴۸	۱۱۵۷	۱۱۷۶	۴۴/۵	۴۵/۲	-۰/۲۶	-۰/۳۹	-۱/۴۵	-۱/۴۵
F	۳	۳	۴۶	۲۹	۴۱۸	۳۶۰	۱۶/۱	۱۳/۸	۰/۹۰	۱/۴۹	-۰/۵۵	۱/۰۲

جدول ۳- ارتباط و اختلافات زوجی مقدار رطوبت در عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری

تیمار	ارتباط		اختلافات زوجی	
	همبستگی	معنی‌داری	t	معنی‌داری
A	۰/۹۵۱	۰/۰۰	۱/۶۹۵	۰/۱۰۳
B	۰/۹۹۲	۰/۰۰	۰/۷۹۶	۰/۴۳۳
C	۰/۹۹۲	۰/۰۰	۰/۹۸۳	۰/۳۵۵
D	۰/۹۹۷	۰/۰۰	-۱/۵۶۶	۰/۱۳۰
E	۰/۹۹۷	۰/۰۰	-۱/۶۵۲	۰/۱۱۱
F	۰/۹۵۴	۰/۰۰	۱/۸۷۹	۰/۰۷۲

عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر نشان می‌دهد. بر این اساس، سامانه‌های مطالعاتی در چهار زیرمجموعه قرار می‌گیرند. تیمارهای A (وضعیت فعلی مرتع با چاله نهال پر شده از خاک)، F (وضعیت فعلی مرتع با چاله نهال متأثر از سوپر جاذب) و B (زمین تمیز شده از بوته و سنگلاخ با چاله نهال پر شده از خاک) از نظر وضعیت رطوبت خاک در یک زیرمجموعه قرار دارند و بنابراین تفاوت معنی‌داری ندارند. تیمارهای F، B و C (زمین تمیز شده از بوته و سنگلاخ با چاله نهال دارای فیلتر شنی) نیز در یک زیرمجموعه هستند. همچنین تیمارهای C و D (سطح نیمه‌عایق پلاستیک و مرتع با چاله نهال پر شده از خاک) نیز در یک

جدول ۴ نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه را به منظور درک اختلاف معنی‌داری درصد رطوبت خاک را برای عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر نشان می‌دهد. با توجه به جدول مذکور، درصد رطوبت خاک بین تیمارها در سطح احتمال کمتر از ۰/۵٪ خطا، دارای تفاوت معنی‌دار با یکدیگر هستند؛ به عبارتی دیگر به کارگیری سامانه‌های استحصال آب باران در تغییرات رطوبتی خاک چاله نهال مؤثر بوده است که با نتایج تحقیقات سپاسخواه و فولادمند (۲۰۰۴)، ولدروفیل و همکاران (۲۰۱۳)، صادق‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد. جداول ۵ و ۶ مقایسه بین میانگین مقدار رطوبت تیمارها را بر اساس آزمون دانکن در هر دو

C اختلاف معنی‌دار دارد که نشان می‌دهد زمین تمیز شده و سطح نیمه‌عایق در جمع‌آوری رواناب و افزایش رطوبت چاله نهال عملکرد بهتری داشته است. علاوه بر این، تیمار B با D و تیمار D با F اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهند که دلالت بر متأثر بودن سطح نیمه‌عایق به زمین تمیز شده و سوپر جاذب نسبت به خاک در استحصال رواناب و افزایش نفوذپذیری دارد.

زیرمجموعه قرار دارند. این در حالی است که تیمار E (سامانه نیمه‌عایق پلاستیک و مرتع با چاله نهال دارای فیلتر شنی) به دلیل جمع‌آوری و نفوذ رواناب بیشتر، بهترین کارایی را در افزایش رطوبت خاک، متفاوت از سایر تیمارها داشته است. در تحقیقات لی و همکاران (۲۰۰۶) نیز سامانه نیمه‌عایق پلاستیک- گراول به منظور افزایش رطوبت خاک معرفی شده است. همچنین تیمار A با D و

جدول ۴- تحلیل واریانس یک‌طرفه داده‌های رطوبت خاک در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری

مقطع	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
عمق ۳۰ سانتی‌متر	بین گروه‌ها *	۵	۴۰۵۰	۱۴/۹۴	۰/۰۰
	درون گروه‌ها **	۱۵۰	۲۷۱		
	کل	۱۵۵	-		
عمق ۶۰ سانتی‌متر	بین گروه‌ها	۵	۴۶۲۷	۱۸/۲۷	۰/۰۰
	درون گروه‌ها	۱۵۰	۲۵۳		
	کل	۱۵۵	-		

* منظور از عبارت "بین گروه‌ها" بین تیمارها است.

** منظور از عبارت "درون گروه‌ها" داخل داده‌های هر یک از تیمارها است.

جدول ۵- مقایسه بین میانگین مقدار رطوبت در عمق ۳۰ سانتی‌متری

زیرمجموعه در فاصله اطمینان ۹۵ درصد				
تیمار	۱	۲	۳	۴
A	۹/۳۸			
F	۱۶/۰۸	۱۶/۰۸		
B	۱۷/۱۹	۱۷/۱۹		
C		۲۵/۵۰	۲۵/۵۰	
D			۲۹/۸۵	
E				۴۴/۵۰
معنی‌داری	۰/۱۰۸	۰/۰۵۲	۰/۳۴۳	۱

جدول ۶- مقایسه بین میانگین مقدار رطوبت در عمق ۶۰ سانتی‌متری

زیرمجموعه در فاصله اطمینان ۹۵ درصد				
تیمار	۱	۲	۳	۴
A	۸/۲۳			
F	۱۳/۸۴	۱۳/۸۴		
B	۱۶/۹۶	۱۶/۹۶		
C		۲۵/۰۷	۲۵/۰۷	
D			۳۰/۳۱	
E				۴۵/۲۳
معنی‌داری	۰/۰۶۳	۰/۰۵۸	۰/۲۳۸	۱

سامانه‌های مرتع معمولی و مرتع تمیز شده استحصال و انتقال آب باران به چاله نهال در بارش‌های کوتاه مقیاس میسر نباشد. از آنجا که این سامانه‌ها معمولاً کوچک مقیاس هستند، به تغییرات عوامل محیطی واکنش بیشتر و سریع‌تری نشان می‌دهند. به طوری که ژو و همکاران (۲۰۱۴) عواملی از جمله وزن مخصوص ظاهری، نوع زمین، ارتفاع، گرادیان شیب، موقعیت شیب، شکل شیب، جهت شیب و عمق خاک را در این امر دخیل دانسته‌اند. با توجه به نتایج بخش قبل، در صورتی که چاله نهال سامانه نیمه‌عایق با فیلتر شنی باشد، عملکرد این سامانه در تأمین رطوبت خاک افزایش خواهد داشت؛ چرا که سطح نیمه‌عایق پلاستیک با چاله نهال فیلتر شنی، عملکرد بهتری نسبت به چاله نهال پر شده از خاک داشت.

جدول ۷ نیاز خالص آبیاری و کمبود آب مورد نیاز در هر یک از سامانه‌های استحصال آب باران را نشان می‌دهد. با توجه به برنامه بانک اطلاعاتی نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی در دشت‌های کشور (NETWAT) و ضریب رواناب سامانه‌های مطالعاتی، کمبود آب مورد نیاز بادام مربوط به شش ماهه اول، سال یعنی از فروردین تا شهریور است. این در حالی است که بخش عمده‌ای از بارش سالانه منطقه در ماه‌های غیرزراعی (آبان تا اسفند) اتفاق می‌افتد. نتایج به خوبی نشان داد که سامانه زمین نیمه‌عایق پلاستیک و مرتع در جبران کمبود آب مورد نیاز گیاه بادام عملکرد بهتری از سامانه‌های مرتع فعلی و زمین تمیز شده دارد؛ چرا که این سامانه حتی به بارش‌های با مقدار و شدت کم نیز واکنش نشان داده و با تولید رواناب و انتقال آن به چاله نهال مواجه است؛ در حالیکه شاید در

جدول ۷- نیاز خالص آبیاری و کمبود آب مورد نیاز بادام در طول فصل رشد

ردیف	ماه	بارش ماهانه (میلی‌متر)	نیاز خالص آبیاری (میلی‌متر)	کمبود آب مورد نیاز در سامانه‌های مختلف (میلی‌متر)		
				مرتع فعلی	زمین تمیز شده	زمین نیمه‌عایق
۱	فروردین	۴۳/۸	۱۶	۱۵/۱	۱۳/۸	۱۱/۶
۲	اردیبهشت	۳۱/۲	۸۴	۸۳/۴	۸۲/۴	۸۰/۹
۳	خرداد	۲/۵	۱۶۴	۱۶۴	۱۶۳/۹	۱۶۳/۸
۴	تیر	۰/۶	۱۸۷	۱۸۷	۱۸۷	۱۸۶/۹
۵	مرداد	۱/۹	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۲/۹	۱۸۲/۸
۶	شهریور	۰/۳	۱۲۸	۱۲۸	۱۲۸	۱۲۸

نتیجه‌گیری

به دنبال آن تشکیل رسوب به حداقل می‌رسد؛ لذا کمترین فرسایش مختص سامانه نیمه‌عایق (پلاستیک با پوشش سنگریزه) خواهد بود. با توجه به اینکه تأثیر استفاده از سوپر جاذب در افزایش رطوبت خاک غیر قابل انکار است؛ بنابراین به نظر می‌رسد تلفیق سامانه نیمه‌عایق با چاله نهال دارای سوپر جاذب به عنوان یکی از شیوه‌های مهم در استحصال رواناب و بهبود شرایط رطوبت خاک به منظور استقرار و رشد بادام دیم پیشنهاد می‌شود. از آنجا که راهبرد کلیدی در کشت گیاهان دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک به منظور به حداقل رساندن خطر نابودی کامل محصولات، استفاده از سامانه‌های استحصال آب باران است، بنابراین سامانه‌های استحصال آب باران با در نظر گرفتن معیارهای فنی، اقتصادی و اجتماعی یکی از روش‌های مدیریت منابع آب و خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند.

در این تحقیق به منظور تأثیر سطوح استحصال آب باران بر تغییرات رطوبتی پروفیل خاک، از مقایسه آماری درصد رطوبت خاک در چاله نهال بادام استفاده شد. بدین منظور با توجه به نوع سامانه و چاله نهال، شش تیمار آزمایشی در سه تکرار تعریف شد. طبق نتایج و مباحث صورت گرفته، سامانه نیمه‌عایق با چاله نهال دارای فیلتر شنی و سپس همین سامانه ولی بدون فیلتر شنی بیشترین تأثیر را در افزایش رطوبت خاک داشتند. این در حالی بود که سامانه مرتع معمولی با چاله نهال پر شده با خاک معمولی به عنوان تیمار شاهد، کمترین تولید رواناب و رطوبت را به همراه داشت. همچنین در بررسی سامانه‌های گوناگون، می‌توان به این نکته نیز اشاره داشت که عایق کردن سطح زمین با پلاستیک، از اثر برخورد مستقیم قطره باران با سطح خاک جلوگیری می‌کند و پخش شدن ذرات خاک و

- temporal stability. *Agriculture Water Management*. 102: 66-73.
11. Hu Q. Pan F. Pan X. Zhang D. Yang N. Pan Z. Zhao P. and Tuo D. 2014. Effects of a ridge-furrow micro-field rainwater-harvesting system on potato yield in a semi-arid region. *Field Crops Research*. Field 6253. 10 pp
12. Kargas G. Kerkides P. and Poulouvassilis A. 2012. Infiltration of rain water in semi-arid areas under three land surface treatments. *Soil and Tillage Research*. 120:15-24.
13. Li X. Y. Shi P. J. Sun Y. L. Tang J. and Yang Z. P. 2006. Influence of various in situ rainwater harvesting methods on soil moisture and growth of *Tamarix ramosissima* in the semiarid loess region of China. *Forest Ecology and Management*. 233:143-148
14. Morton B. 2002. Jordan Cove Urban Watershed Project. UNI-GROUP. U.S.A. 6 pp.
15. Muthukrishnan S. Madge B. Selvakumar A. Field R. and Sullivan D. 2004. The use of best management practices (BMPs) in urban watersheds. EPA/600/R-04/184. U.S.A. 271 pp.
16. Oweis T. and Hachum A. 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.
17. Platt R. H. 2006. Urban watershed management sustainability, one stream at a time. Heldref Publications. Issue of *Environment*. 48(4): 26-42.
18. Sepaskhah A. R. and Fooladmand H. R. 2004. A computer model for design of microcatchment water harvesting systems for rain-fed vineyard. *Agricultural Water Management*. 64: 213-232.
19. Suleman Skarl W. M. Shaht B. H. and Murray L. 1995. Development of a rainwater harvesting system for increasing soil moisture in arid rangelands of Pakistan. *Journal of Arid Environments*. 31: 471-481.
20. Welderufael W. A. Woyessa Y. E. and Edossa D. C. 2013. *Agricultural Water Management*. 116: 218-227.
21. Yuan T. Fengmin L. and Puhai L. 2003. Economic analysis of rainwater harvesting and irrigation methods, with an example from China. *Agricultural Water Management*. 60(3): 217-226.
22. Zhang G. S. Hu X. B. Zhang X. X and Li J. C. 2013. Effect of plastic mulch and winter catch crop on water availability and vegetable yield in a rain-fed vegetable cropping system at mid-Yunnan plateau, منابع
۱. صادقزاده ریحان م. ا. زارع حقی د. و نیشابوری م. ۱۳۹۲. ارزیابی روش‌های استحصال آب باران در افزایش رطوبت خاک و رشد نهال پسته. نشریه دانش آب و خاک. ۲۳(۴): ۲۰۳-۲۱۴.
۲. طباطبایی یزدی ج. حقایی مقدم س. ا. قدسی م. و افشار ه. ۱۳۸۹. استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی گندم دیم در منطقه مشهد. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۲): ۲۰۷-۱۹۷.
۳. طهماسبی ر. و رجبی ثانی ر. ۱۳۸۵. جمع‌آوری آب باران در عرصه‌های طبیعی، راه‌حلی برای رفع کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز لتیان). *مجله جغرافیا و توسعه*. ۴(۷): ۲۳-۴۲.
۴. وروانی ج. وروانی ه. و مردیان م. ۱۳۹۱. کاربرد سیستم‌های استحصال رواناب سیلابی در آبخیز شهری اراک. *مجله علمی پژوهشی آب و فاضلاب*. ۳: ۸۵-۹۴.
۵. یداللهی ع. تیموری ن. عبدوسی و. و ساریخانی خرمی س. ۱۳۹۱. ارزیابی تلفیق سامانه‌های جمع‌آوری آب با سوپرچادب و مواد آلی در استقرار باغ‌های بادام در شرایط دیم. *مجله پژوهش آب در کشاورزی*. ۲۶(۱): ۹۵-۱۰۶.
6. Adekalu K. O. Balogun J. A. Aluko O. B. Okunade D. A. Gowing J. W. and Faborode M. O. 2009. Runoff water harvesting for dry spell mitigation for cowpea in the savannah belt of Nigeria. *Agricultural Water Management*. 96(11): 1502-1508.
7. Biazin B. Sterk G. Temesge M. Abdulkedir A. and Stroosnijder L. 2012. Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 47-48: 139-151.
8. Cluff C. B. 1989. Water harvesting systems in arid land. Arizona University. Tucson, Desalination. 72: 149-159.
9. Gammoh I. A. 2013. An improved wide furrow micro-catchment for large-scale implementation of water-harvesting systems in arid areas. *Journal of Arid Environments*. 88: 50-56.
10. Gao X. Wu P. Zhao X. Shi Y. and Wang J. 2011. Estimating spatial mean soil water contents of sloping jujube orchards using

- China. *Scientia Horticulturae*. 164: 333-339.
23. Zhu H. D. Shi Z. H. Fang N. F. Wu G. L. Guo Z. L. and Zhang Y. 2014. Soil moisture response to environmental factors following precipitation events in a small catchment. *Catena*. 120: 73-80.