

The use of rainwater in sloping lands for the cultivation of Damask rose

Amir Moradinejad^{1*}, Mahdie Karimie², Rashin Pourmatin³, Abass Saberie⁴

1- Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Arak, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Iran

2- Ph.D. in horticulture, expert in the field of agricultural Jihad management in Khandab city, Iran

3- M.Sc. of horticulture and head of extension department of Agriculture-Jahad Organization of Markazi Province, Arak, Iran

4- M.Sc. of horticulture and expert in agriculture and horticulture in Shazand city, Iran

*Corresponding author: amir_24619@yahoo.com

(Received: 15 August 2022

Revised: 23 August 2022

Accepted: 03 October 2022)

Extended Abstract

Introduction: Water limitation is regarded as one of the most important obstacles to agricultural development in arid and semi-arid climate regions. Rainwater harvesting is one of the most significant management methods of rainwater exploitation to deal with water shortage. Due to the wide variety of rainwater extraction methods, in choosing the appropriate method, special attention should be paid to features such as land topography, climate, soil type and socio-economic factors and the amount of water consumption to apply extraction methods in each region. In this research, the promotion of water catchment surface systems in the establishment and development of marigold cultivation in rainfed conditions has been discussed. The use of effective strategies to increase productivity in agriculture has been the focus of researchers for a long time. Any process that leads to the optimal use of rainwater and makes it possible to use it better is known as rainwater harvesting. The aim of this research is to promote the systems of water catchment surfaces in the establishment and development of rose cultivation in rainy conditions.

Materials and methods: The research area was chosen on the northern slope of the village with a slope of about 20%. Soil depth was measured by sampling. An 80 cm deep nationwide channel was dug downstream of the systems with an excavator. The channel was filled with a mixture of straw and stubble and a combination of animal manure with soil (in the amount of 20% by volume) in order to increase the moisture retention capacity in the soil. To carry out the present research, 12 rectangular catchment systems with dimensions of 6×5 meters were built using earth mounds on slopes with a 20% slope. These systems, due to being located on the slope and carrying out a series of measures in their beds, cause the production and direction of runoff towards the target point (seedling cultivation site). Downstream of each system, a hole was considered for planting seedlings. The research was carried out in the form of three system treatments including: cleaned ground using a pebble filter in the seedling hole, semi-insulated system treatment using a pebble filter in the seedling hole and a control (natural ground cover) according to local custom. To make a semi-insulated system, the vegetation on the surface of the system was first removed and the system bed was insulated using thick nylon and a 3 cm layer of gravel on it. Also, the downstream part of the system at the seedling pit was paved using the rubble in the area to reduce evaporation. Gravel filters are a column of gravel that is built in the upstream part of the seedling using two polycarbonate pipes with a diameter of 10 cm and a depth of 40 to 50 cm during embankment at the foot of the seedling. Gravel was poured inside the pipes. In order to establish a hydraulic connection between the gravel column and the soil of the pit and its surroundings, the lower part of the pipe was meshed. These filters are used to optimally penetrate the extracted runoff to the depth of tree root development. To build the bare system, vegetation and pebbles were collected from the surface of the system.

Results and Discussion: In variance analysis, the effect of irrigation treatments on the height trait in 2017 with a probability level of one percent ($P<0.01$) and in 2018 and 2019 the effect of treatment on the height trait at the probability level ($P<0.05$) was significant. The highest length of the height belongs to the third treatment (with filter and semi-insulating system) and the lowest height and crown belongs to the control treatment. Regarding the effect of the treatments on the crown length trait, it is significant in all years 2017, 2018, 2019, 2020 and 2021. In 2019, it is significant at the level of one percent ($P<0.01$) and in the years 2017, 2018, 2014 and 2011 at the probability level ($P<0.05$). In the years 2021 and 2022, the effect of the treatments on the height trait is not significant. The results show that the effect of the treatments on the crown is greater than that on the height. The highest crown was obtained in the third treatment (with filter and semi-insulated system) and the lowest crown was obtained in the control treatment. According to figure (5), in the years 2017, 2018 and 2019, the total rainfall in the spring season was 247, 285 and 187 mm, respectively, and in the years 2021 and 2022, it was 31 and 14.5 mm, respectively. Rainfall has a direct effect on the treatments. In fact, the amount of rainfall and its management in terms of systems of catchment surfaces, filters and insulation have a direct effect on the amount of moisture at the base of the plant, the water required by the plant, and the vitality of the rose.

Conclusions: The results showed that in the analysis of variance, the effect of irrigation treatments on the height trait in 2017 was significant with a probability level of one percent ($P<0.01$) and in 2018 and 2019, the effect of the treatment on the height trait was significant at the probability level ($P<0.05$). The highest length of the height belongs to the third treatment (with filter and semi-insulating system) and the lowest height and crown belongs to the control treatment. Regarding the effect of treatments on crown length in all years 2017, 2018, 2019, 2020 and 2021, it is significant. In 2019, it is significant at the level of one percent ($P<0.01$) and in the years 2017, 2018, 2014 and 2011 at the probability level ($P<0.05$). In the years 2021 and 2022, the effect of the treatments on the height trait is not significant due to the effect of spring rainfall on filter treatments and semi-insulated and filter systems.

Keywords: Inclined surfaces, insulated surfaces, rain catchment, Damask rose, Rainfed.

Citation: Moradinejad, A., Karimie, M., Pourmatin, R., & Saberie, A. (2022). The use of rainwater in sloping lands for the cultivation of Damask rose. *Integrated Watershed Management*, 2(3), 31-43. doi: 10.22034/iwm.2022.560245.1043

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



استفاده از آب باران در اراضی شیب‌دار جهت کشت گل محمدی

امیر مرادی نژاد^{۱*}، مهدیه کریمی^۲، راشین پور متین^۳، عباس صابری^۴

۱- بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

۲- دکتری باغبانی، کارشناس عرصه و پهنه مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان خنداب، ایران

۳- کارشناس ارشد باغبانی و رئیس اداره ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی، اراک، ایران

۴- کارشناس ارشد باغبانی و کارشناس زراعت و باغبانی شهرستان شازند، ایران

*نویسنده مسئول: amir_24619@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴

چکیده

محدودیت آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین موانع توسعه کشاورزی، در مناطق اقلیمی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. استحصال آب باران یکی از مهم‌ترین روش‌های مدیریت بهره‌برداری از آب باران برای مقابله با کم‌آبی است. هدف این تحقیق، ترویج سامانه‌های سطوح آبیگر در استقرار و توسعه کشت گل محمدی در شرایط دیم است. در این تحقیق عرصه‌ای در روستای کتیران شازند با شیب حدود ۲۰٪ انتخاب و سطوح آبیگر باران در قالب سه تیمار و پنج تکرار در اراضی شیب‌دار آن اجرا شد. سامانه‌های سطوح آبیگر شامل تیمار زمین تمیز شده با استفاده از فیلتر در چاله نهال، تیمار سامانه نیمه عایق با استفاده از فیلتر در چاله نهال و شاهد طبق عرف محل اجرا شد. هر سال خصوصیات ارتفاع، تاج پوشش و زنده‌مانی نهال‌های گل محمدی در آخر فصل رشد اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر روی صفت ارتفاع در سال‌های ۱۳۹۷ با سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) و در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اثر تیمار روی صفت ارتفاع در سطح احتمال پنج درصد ($P < 0.05$) معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع نهال مربوط به تیمار سامانه نیمه عایق با فیلتر و کمترین ارتفاع و تاج مربوط به تیمار شاهد است. اثر تیمارها روی صفت طول تاج در تمام سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ معنی‌دار است. در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اثر تیمارها روی صفت ارتفاع معنی‌دار نبود. به‌طور کلی احداث سطح عایق برای جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری است ولی برای کاهش هزینه احداث باید فناوری آن بهبود یابد. توصیه می‌شود طرح‌ها و برنامه‌های ترویجی و حفاظتی با اولویت زمین‌هایی که شیب بیشتری دارند، اجرا شود.

واژه‌های کلیدی: سطوح شیب‌دار، سطوح عایق، آبیگر باران، گل محمدی، دیم.

استناد: مرادی نژاد، ا.، کریمی، م.، پورمتین، ر. و صابری، ع. (۱۴۰۱). استفاده از آب باران در اراضی شیب‌دار جهت کشت گل محمدی. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۲(۳)، ۳۱-۴۳.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

محدودیت آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین موانع توسعه کشاورزی به‌خصوص در مناطق اقلیمی خشک و نیمه-خشک محسوب می‌شود. بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده منابع آبی بوده و روند افزایش جمعیت و نیاز به افزایش تولیدات کشاورزی، باعث تحمیل فشار مضاعف بر منابع آب گردیده است. در شرایط خشک که میزان بارندگی کم و پراکنش نامنظم دارد، دسترسی به آب شیرین چندان مقدور نیست. در این شرایط جمع‌آوری آب باران به‌اضافه مقدار رطوبتی که در خاک ذخیره‌شده است می‌تواند بسیار مفید باشد. استحصال آب باران و استفاده از آن در بخش کشاورزی، یکی از روش‌هایی است که از دیرباز مورد استفاده قرار گرفته است. در واقع استحصال آب باران یکی از شاخص‌ترین روش‌های مدیریت بهره‌برداری از آب باران برای مقابله با کم‌آبی است. با توجه به تنوع روش‌های استحصال آب باران، باید در انتخاب روش مناسب به ویژگی‌هایی از جمله توپوگرافی زمین، اقلیم، نوع خاک و عوامل اقتصادی اجتماعی و میزان مصرف آب در هر منطقه توجه جدی نمود. از دیرباز استفاده از راه‌کارهای افزایش بهره‌وری در کشاورزی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. هر فرآیندی که منجر به استفاده بهینه از آب باران شود و کاربرد بهتری برای آن را فراهم آورد به‌عنوان استحصال آب باران شناخته می‌شود (Meter *et al.*, 2014). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد استحصال آب باران از زمان‌های گذشته مورد توجه تمدن‌های بشری بوده است. گزارش شده است که استحصال آب باران نخستین بار در منطقه‌ای در فلسطین اشغالی اجرا شده است (Stanton, 2005). نوع روش مورد استفاده در طراحی سطوح آبیگر باران برای باغات دیم در مناطق مختلف متفاوت بوده و مشخصات فنی و هندسی خاصی دارند. Rahimpour و همکاران (۲۰۱۶) میزان رواناب‌های قابل استحصال از ۴۳۳ هکتار از مناطق توده سنگی بالای ۹۰ درصد در شهرستان

طرقه را برای آبیاری تکمیلی نهال‌های قابل کشت ۸۶۶۰۰۰ مترمکعب برآورد کردند. Hashmati و همکاران (۲۰۱۷) تحقیقی به‌منظور بررسی تأثیر سطوح آبیگر باران در کنترل روند خشکیدگی بلوط در جنگل‌های زاگرس انجام و نشان دادند که تیمار بانکت + قرق بعد از سه سال، موجب کاهش خشکیدگی ۳۷ پایه و احیای ۱۹ پایه در هکتار (در مقایسه با تیمار شاهد) گردید. اگر فقط ۱۰ درصد رواناب حاصله از مجموع ۳۲۱ هکتار اراضی توده سنگی حاشیه جنوبی شهر مشهد توسط سازه‌ها و تجهیزات جانبی جمع‌آوری و مورد بهره‌برداری قرار گیرد، قابلیت تولید ۶۰۰۰ مترمکعب برای آبیاری حدود ۱۴۰۰۰ نهال فراهم خواهد شد. Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) بازده اقتصادی و فنی روش‌های مورد استفاده جهت استحصال آب باران شامل پیتینگ، بانکت، تراس‌بندی، آب‌انبار و کنتور فارو را ارزیابی و نشان دادند که با توجه به سودآوری پروژه ۲/۰۴ درصد و نرخ بازدهی داخلی (۰/۶۳ درصد)، اجرای طرح مذکور از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است. Jahantigh (۲۰۱۶) در تحقیقی نشان داد که از ۲۲/۴۴ میلیون مترمکعب حجم رواناب سالانه حوزه ترش‌آب زابل، به‌طور متوسط ۵۱۸۰۰ مترمکعب آن از طریق سامانه سطوح آبیگر تورکینست کنترل می‌گردد. در تحقیق دیگری Qiang و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که سختی سطح سامانه سطوح آبیگر باران در سه سامانه هلالی، لوزی و مسطح، از نظر رطوبت خاک مؤثرتر از شکل سامانه عمل کرد، به‌نحوی که سامانه با پوشش پلاستیک ذخیره رطوبت بیشتری نسبت به سامانه سنگفرش و شاهد در خود ذخیره نمود. به‌منظور دستیابی به آب باران، باید سیستم استحصال در یک منطقه اجرا و با حداکثر ظرفیت نگهداری ذخیره شود تا برای اهداف مختلف مورد استفاده قرار گیرد (Traboulsi and Traboulsi, 2015). سوابق نشان می‌دهد استحصال آب باران اولین بار در فلسطین اشغالی در منطقه‌ای با متوسط بارندگی ۹۰ میلی‌متر انجام شد

خراسان رضوی از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به‌عنوان یک روش ساده و در دسترس با تلفیق در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بر اساس عوامل ژئومورفولوژیکی استفاده نمود. ساخت سطوح آبیگر باران به‌منظور ذخیره نزولات آسمانی و بهره‌برداری مناسب از بارندگی جهت ایجاد پوشش گیاهی و بهبود محیط‌زیست روش مناسبی برای مناطق کم باران به‌خصوص نواحی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Yazar et al., 2014; Kahinda and Taigbenu, 2011). پژوهش‌های متعددی در دنیا در خصوص ایجاد سامانه‌های آبیگر و عملکرد آن‌ها صورت پذیرفته است. در همین راستا Yi و همکاران (۲۰۱۰) در کشور چین نشان داد که ایجاد سطوح آبیگر باران با پوشش پلاستیکی الگوی مناسبی مطالعات برای جمع‌آوری آب باران و مصرف آن برای افزایش محصول ذرت دانه‌ای بوده است. Wang و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد سامانه‌های سطوح آبیگر در شمال کشور چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که این تأسیسات نقش مثبتی در ذخیره آب در مناطق خشک و کم آب دارد که چنین وضعیتی شرایط را برای رشد و نمو گیاهان فراهم می‌نماید. Panahi و Bani Asadi (۲۰۱۷) نیز بر این باورند که جمع‌آوری نزولات آسمانی در سامانه‌های سطوح آبیگر باران سبب رفع بخشی از نیاز آبی بهره‌برداران می‌گردد که چنین رویکردی افزایش توان اقتصادی آنان را به همراه دارد. با توجه به بحران فراگیر آب و کاهش منابع آب در دسترس بخش کشاورزی، مسئله مدیریت بارش‌ها برای مصارف کشاورزی با بهره‌گیری از سامانه‌های سطوح آبیگر باران، به‌عنوان راهکاری مناسب برای افزایش بهره‌برداری مؤثر از منابع آبی به‌خصوص در مناطق اقلیمی خشک و نیمه‌خشک مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این تحقیق سامانه‌های سطوح آبیگر شامل تیمار زمین تمیز شده با استفاده از فیلتر در چاله نهال، تیمار سامانه نیمه عایق با استفاده از فیلتر در چاله نهال و شاهد طبق عرف محل اجرا شد. هدف ترویج بهترین

که موجب افزایش تولید علوفه در منطقه گردید. در استرالیا نیز سطوح آبیگر ناودانی شکل به‌منظور هدایت آب باران به باغات مورد استفاده قرار گرفت که نتایج به‌دست‌آمده به‌صورت دستورالعملی برای تأمین آب اضطراری مناطق خشک در این کشور اجرا گردید (Stanton, 2005). یک راهبرد کلیدی در کشت محصولات دیم با هدف کاهش ریسک تولید محصول، تأکید بر سرمایه‌گذاری روی سامانه‌های استحصال آب باران برای انجام آبیاری تکمیلی کشت‌های دیم است (Rockstroma et al., 2009). استحصال آب باران برای انجام آبیاری تکمیلی اراضی دیم در بسیاری از مناطق خشک با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. برای این منظور، آب باران از اراضی مجاور جمع‌آوری و ذخیره می‌شود و در زمان کمبود آب به مصرف گیاه می‌رسد. Nekooimehr و Eliasi (۲۰۱۷) با مطالعه اثربخشی استفاده از روش‌های استحصال آب باران در بهبود شاخص‌های گیاهی در شرایط کشت دیم گزارش نمودند که بین تیمارهای مختلف سطوح آبیگر باران از لحاظ شاخص‌های مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج ایشان نشان داد استفاده از روش‌های استحصال آب باران (سامانه پلاستیک و سنگریزه) برای شرایط کشت دیم در اراضی شیب‌دار قابل توصیه است. Soltani و همکاران (۲۰۱۸) به‌منظور شناسایی محل‌های مناسب برای احیاء منابع آب زیرزمینی با استفاده از استقرار سیستم‌های جمع‌آوری آب باران از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در حوزه آبخیز خسروآباد شهرستان سنقر استفاده نمودند. برای این منظور معیارهای پوشش گیاهی، تاج پوشش، درصد و جهت شیب، بارندگی، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، ژئومورفولوژی، طبقات ارتفاعی و فرسایش خاک در نظر گرفته و بر اساس آن‌ها نقشه مناطق مناسب برای تغذیه منابع آب زیرزمینی تهیه شد. Eshghizadeh (۲۰۱۸) به‌منظور تعیین مناطق دارای پتانسیل استحصال آب باران در حوزه آبخیز کلات

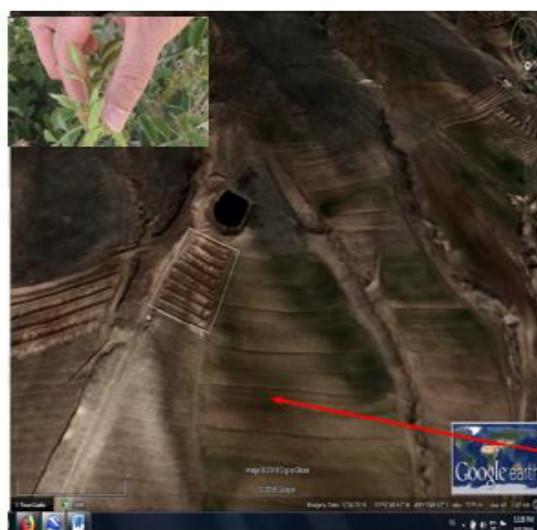
زمینی دیم‌زاری در دامنه شمالی با شیب حدود ۲۰ درصد با مساحت حدود ۳۰۰۰ مترمربع به باغ دیم اختصاص داده شده است. در جهت عمود بر شیب کانال‌هایی با فواصل حدود ۶ متر حفر شده است. برای حفر کانال ابتدا خاک لایه رویی که لایه زراعی است برداشت شده و جداگانه انباشت شده است. سپس لایه زیرین گودبرداری شده و خاک‌های آن در سمت پایین-دست به صورت پشته انباشت شده است. برای پر کردن کانال خاک زراعی همراه کود دامی و پسماندهای کشاورزی مخلوط شده سپس اقدام به کشت نهال‌های گل محمدی شده است. آب مورد نیاز گیاهان از بارش و جاری شدن رواناب که در پروفیل خاک ذخیره شده است تأمین شده است. در تابستان سال اول (۱۳۹۷) نهال‌ها به صورت کمکی آبیاری شدند.

تیمار سامانه‌های سطوح آبخیز در استقرار و توسعه کشت گل محمدی در شرایط دیم و استفاده بهینه از نزولات جوی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پروژه در روستای کتیران از توابع شهرستان شازند استان مرکزی انجام شد. این روستا در فاصله ۲۰ کیلومتری غرب شهرستان شازند و در دامنه تپه‌ای به طول جغرافیایی $49^{\circ} 16' 40''$ و $33^{\circ} 53' 37''$ و ارتفاع ۲۱۴۳ متری از سطح دریا قرار دارد. طرح الگویی باغ دیم گل محمدی در روستای کتیران از توابع شهرستان شازند انجام شده است. در جنوب این روستا



شکل ۱- محل اجرای پروژه در نقشه استان و کشور

Figure 1- The image of the location of the project on the map of the province and the country

حاضر، تعداد ۱۵ سامانه آبخیز مستطیلی به ابعاد 5×6 متر با استفاده از پشته‌های خاکی بر روی دامنه‌های با شیب ۲۰ درصد احداث گردید. این سامانه‌ها با توجه به قرار گرفتن در شیب دامنه و انجام یکسری تمهیدات در بستر آن‌ها، سبب تولید و هدایت رواناب به سمت نقطه هدف (محل کشت نهال) می‌شوند. در پایین‌دست هر سامانه یک چاله برای کاشت نهال در نظر گرفته شد. پژوهش در قالب سه تیمار سامانه شامل

روش تحقیق:

عرصه تحقیق در دامنه شمالی روستا با شیب حدود ۲۰ درصد انتخاب شد. با نمونه‌برداری، سنجش عمق خاک انجام شد. کانال سراسری به عمق ۸۰ سانتی‌متر با بیل مکانیکی در پایین‌دست سامانه‌ها حفر گردید. کانال با مخلوط کاه و کلش و ترکیب کود دامی با خاک (به میزان ۲۰ درصد حجمی) به منظور افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک پر شد. برای انجام پژوهش

با توجه به متوسط بارندگی در ماه‌های مختلف با استفاده از آمار موجود و مقایسه نیاز آبی محاسباتی، ابعاد سامانه محاسبه و طراحی شد. ابعاد سامانه‌ها بر اساس بارش با دوره بازگشت ده‌ساله و ضریب رواناب تعیین شد. در مرحله بعد نهال گلدانی گل محمدی به تعداد موردنیاز تهیه شد. سپس یک نهال گل محمدی در کانال پایین دست هر یک از سامانه‌ها در وسط کشت شد. فیلتر سنگریزه‌ای به قطر ۱۰ و عمق ۵۰ سانتی‌متر در بالادست چاله نهال به منظور نفوذ سریع رواناب در تیمارهای فیلتردار اجرا شد. ذخیره شدن رواناب بارش‌های زمستانه و بهاری در لایه رطوبتی چاله نهال به تأمین نیاز آبی گیاه در فصل خشک کمک می‌کند. با این وجود گیاه نیاز به آبیاری کمکی دارد. مقدار آب، بسته به نیاز آبی گیاه است؛ لذا در سال اول و دوم منصوبات آبیاری کمکی در فصل تابستان فراهم و آبیاری کمکی انجام شد. آبیاری تکمیلی هر سی روز یک‌بار با ۲۰ لیتر آب انجام شد. در آبیاری نهال‌ها آب یکجا در چاله ریخته شده است. در چاله‌هایی که مجهز به فیلتر شنی بودند در زمان کوتاهی آب از طریق آن زهکش شد؛ زیرا فیلتر از نوع شن درشت و مساحت آن ۷۰ سانتی‌متر مربع است. با تأمین آب نهال‌ها و آبیاری تکمیلی و رشد نهال‌ها، هر سال داده‌برداری شاخص-های گیاهی شامل ارتفاع نهال، سطح تاج پوشش، میوه دهی و زنده‌مانی نهال‌ها در همه تیمارها به دقت اندازه‌گیری شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

زمین تمیز شده با استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای در چاله نهال، تیمار سامانه نیمه عایق با استفاده از فیلتر سنگریزه‌ای در چاله نهال و شاهد (پوشش طبیعی زمین) طبق عرف محل اجرا شدند. برای ساخت سامانه عایق، ابتدا پوشش گیاهی سطح سامانه حذف شد و با استفاده از نایلون ضخیم و یک لایه ۳ سانتی‌متری از سنگریزه بر روی آن، بستر سامانه عایق گردید. همچنین قسمت پایین دست سامانه در محل چاله نهال جهت کاهش تبخیر، با استفاده از قلوه‌سنگ‌های موجود در منطقه سنگفرش شد. شکل‌های (۲) و (۳) نحوه احداث سامانه عایق (پلاستیک و سنگریزه) را نشان می‌دهد. فیلترهای سنگریزه‌ای، ستونی از سنگریزه است که در قسمت بالادست نهال با استفاده از دو لوله پلیکا به قطر ۱۰ سانتی‌متر و عمق ۴۰ الی ۵۰ سانتی‌متر در هنگام خاک‌ریزی در پای نهال احداث گردیده است. در داخل لوله‌ها سنگریزه ریخته شد. جهت برقراری ارتباط هیدرولیکی بین ستون سنگریزه و خاک چاله و اطراف آن، قسمت پایین لوله مشبک گردید. این فیلترها به منظور نفوذ بهینه رواناب استحصال شده به عمق توسعه ریشه درخت به کاررفته است. برای احداث سامانه لخت، پوشش گیاهی و سنگریزه‌های سطح سامانه جمع‌آوری شد. با زدن غلتک بر روی سطح خاک امکان افزایش رواناب مهیا گردید. برای انجام کار، نوع گونه گل محمدی انتخاب و سپس با جمع‌آوری داده‌های بارندگی منطقه، نیاز آبی گل محمدی با توجه به روش‌های موجود محاسبه شد.



شکل ۲- انتخاب محل اراضی دیم شیب‌دار جهت کاشت گل محمدی (کانال‌های پر شده با خاک و کود) در روستای کتیران شازند
Figure 2- Selection of the location of sloped rainfed land for planting Damask rose (canals filled with soil and fertilizer) in Zaheerabad village of Shazand



شکل ۳- الف: مراحل اجرای سامانه و تیمارهای کاشت گل محمدی، ب: بازدید طرح همیار از نحوه اجرای طرح در اراضی شیب‌دار روستای کتیران شهرستان شازند

Figure 3- A: The steps of implementing the system and treatments of Damask rose planting, B: Hamyar group observing the implementation of the plan in the sloping lands of Katiran village, Shazand city

۴ مورد و برای ۱۴۰۱ هیچ بارندگی در دوره ۵ ماهه بالای ۱۰ میلی‌متر وجود نداشت. در مجموع در این دوره ۵ ساله در فصل آبیاری از ۱۸۸ مورد بارندگی تعداد ۲۹ مورد باران بالاتر از ۱۰ میلی‌متر رخ داده است. در این دوره زمانی ۱۵/۴ درصد بارش‌های در طول دوره بالاتر از ۱۰ میلی‌متر و ۸۴/۶ درصد آن کمتر از ۱۰ میلی‌متر است؛ بنابراین در این عرصه جمع‌آوری رواناب امکان‌پذیر است. همچنین میانگین بارش ماهانه منطقه در دوره آماری ۱۳۹۷-۱۴۰۱ مطابق جدول (۲) حدود ۴۲۴/۰۸ میلی‌متر برآورد شده است.

نتایج

نزدیک‌ترین ایستگاه باران‌سنجی در منطقه ایستگاه سینوپتیک شازند است. داده‌های روزانه باران ایستگاه از هواشناسی استان دریافت شد (جدول ۱). با توجه به آمار موجود در ایستگاه، در فصول آبیاری از اول فروردین تا آخر مهرماه برای این ۵ سال (۱۴۰۱-۱۳۹۷)، تعداد ۱۸۸ بارندگی رخ داده است. به ترتیب برای سال ۱۳۹۷ تعداد باران بالای ۱۰ میلی‌متر ۵ رخداد، برای سال ۱۳۹۸ تعداد باران ۲ مورد، برای سال ۱۳۹۸ تعداد باران ۲ مورد، برای سال ۱۴۰۰ تعداد باران

جدول ۱- تعداد بارندگی در فصول نیازمند آبیاری در منطقه شازند

Table 1- The amount of rainfall in the seasons of need for irrigation in Shazand region

سال	تعداد بارندگی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	مجموع
1397	تعداد بارندگی	17	10	1	2	2	0	0	32
	بالاتر از ۱۰ میلی‌متر	5	13	0	0	0	0	0	8
1398	تعداد بارندگی	13	17	10	0	0	2	10	52
	بالاتر از ۱۰ میلی‌متر	2	7	1	0	0	0	0	10
1399	تعداد بارندگی	11	13	1	0	1	1	5	32
	بالاتر از ۱۰ میلی‌متر	2	1	0	0	0	0	1	4
1400	تعداد بارندگی	15	9	0	2	0	0	2	28
	بالاتر از ۱۰ میلی‌متر	4	2	0	0	0	0	1	7
1401	تعداد بارندگی	5	6	2	0	1	0	1	15
	بالاتر از ۱۰ میلی‌متر	0	0	0	0	0	0	0	0

جدول ۲- میانگین بارش (میلی‌متر) ماهانه ایستگاه شازند در دوره آماری ۵ ساله (۱۳۹۶-۱۴۰۰)

Table 2 - Average monthly rainfall (mm) of Khandab station in the 5-year statistical period (2016-2021)

سالانه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	ماه
بارش (mm)	0.40	0.48	1.42	5.14	39.6	62.3	64.5	85.5	37.9	51.2	45.6	29.7	428.08

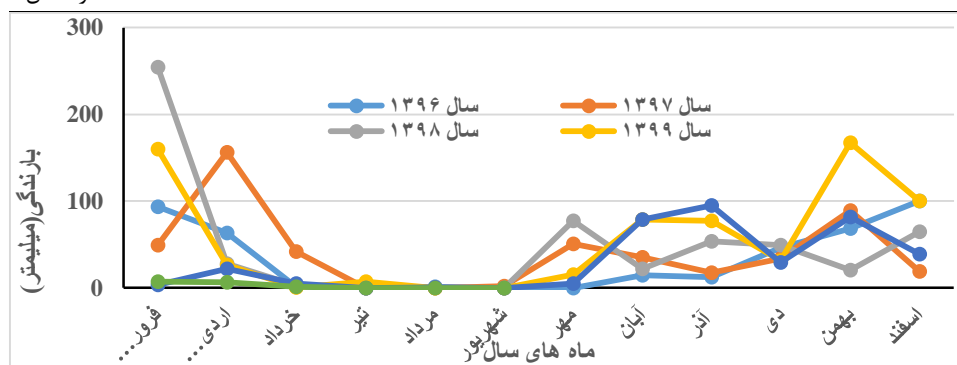
میلی‌متر بوده است که از این مقدار ۸/۵ درصد در فصل بهار، ۰/۲۲ درصد در فصل تابستان، ۴۹/۶۶ درصد در فصل پاییز و ۴۱/۵ درصد در فصل زمستان رخ داده است. شکل (۴) بارش در ماه‌های مختلف سال‌های پروژه در منطقه شازند را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل پیداست بیشترین بارندگی در فصل بهار مربوط به سال ۱۳۹۸ و کمترین آن مربوط به سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۰ است.

جدول (۳) بارندگی فصلی (میلی‌متر) و درصد آن در هر فصل و در سال‌های مختلف ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ در منطقه شازند را نشان می‌دهد. مثلاً در سال ۱۳۹۸ مقدار کل بارندگی سالانه در ایستگاه شازند ۵۷۳/۶ میلی‌متر بوده است که از این مقدار ۵۰ درصد بارندگی در فصل بهار، ۰/۰۶ درصد در فصل تابستان، ۲۷ درصد در فصل پاییز و ۲۳/۵ درصد در فصل زمستان رخ داده است. در سال ۱۴۰۰ نیز مجموع بارندگی سالانه ۳۶۰

جدول ۳- بارندگی فصلی در سال‌های مختلف (میلی‌متر) در منطقه شازند

Table 3- Seasonal rainfall in different years (mm) in Shazand region

سال	1396	1397	1398	1399	1400	1401
بهار	157.5	247.1	285.4	186.8	30.7	14.6
تابستان	1.3	2	0.4	7	0.8	0
پاییز	27.2	103.44	153.4	171.2	178.81	
زمستان	214.9	142.03	134.4	298.91	149.6	
مجموع	400.9	494.57	573.6	663.91	359.91	14.6
مقدار برحسب درصد نسبت به کل سال						
بهار	39.28661	49.76136	49.75593	28.13634	8.527778	0
تابستان	0.32427	0.402763	0.069735	1.05436	0.222222	0
پاییز	6.784734	20.8309	26.74338	25.78663	49.66944	0
زمستان	53.60439	28.60221	23.43096	45.02267	41.55556	0



شکل ۴- بارش در ماه‌های مختلف سال‌های پروژه در منطقه شازند

Figure 4- Rainfall in different months of the project years in Shazand region

بر اساس دوره آماری انتخابی با توجه به داده‌های ۱۳۹۸ حدود ۵۷۳/۶ میلی‌متر و میانگین ۴۹۸/۵ میلی‌متر است. جدول (۴) میزان تأمین آب از طریق بارندگی و نیاز خالص آبیاری را بیان می‌کند. با توجه به میانگین

بر اساس دوره آماری انتخابی با توجه به داده‌های ۱۴۰۰ حدود ۳۶۰ میلی‌متر، بیشترین آن در سال

بارش سالانه انتخاب محل اجرای پروژه تحقیقی ترویجی کاشت گل محمدی از نظر بارش مناسب است.

جدول ۴- ضریب گیاهی، تبخیر و تعرق واقعی، بارندگی مؤثر و نیاز خالص آبیاری در گیاه گل محمدی در منطقه شازند
Table 4- Vegetative coefficient, actual evaporation and transpiration, effective rainfall and net irrigation requirement in the damask rose in Shazand region

ماه	دهه	ضریب گیاهی	تبخیر و تعرق پتانسیل (میلی‌متر بر روز)	تبخیر و تعرق پتانسیل (میلی‌متر در ده روز)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر در ده روز)	آبیاری (میلی‌متر در ده روز)
	1	-	-	-	-	-
فروردین	2	0.2	0.83	5.8	15.7	0
	3	0.20	0.91	9.1	26.3	0
	1	0.31	1.57	15.7	20.2	0
اردیبهشت	2	0.46	2.56	25.6	12.2	13.4
	3	0.50	3.07	30.7	6.9	23.9
	1	0.50	3.22	35.4	5.2	30.2
خرداد	2	0.50	3.35	33.5	3.5	29.9
	3	0.47	3.30	33	1.3	31.7
	1	0.44	3.18	31.8	0.9	30.9
تیر	2	0.40	3.07	30.7	0.3	30.4
	3	0.36	2.92	29.2	0	29.2
	1	0.33	2.54	27.9	0	27.9
مرداد	2	0.29	2.18	21.8	0.2	21.6
	3	0.25	1.87	18.7	0.2	18.5
	1	0.22	1.460	16.1	0.2	15.9
کل				365.1	93.1	272

*در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد میزان نیاز آبی ۱۵ درصد کمتر منظور می‌شود.

به علت وجود رطوبت در زمین در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد میزان نیاز آبی ۱۵ درصد کمتر است. با توجه به بارندگی مؤثر منطقه، گل محمدی از دهه دوم اردیبهشت تا دهه اول شهریور به آبیاری تکمیلی نیاز دارد.

آب خالص موردنیاز و نیاز خالص آب آبیاری برای گل محمدی در جدول (۵) محاسبه شده است. در این جدول نیاز آبی گیاه و مقداری که از طریق بارندگی مؤثر تأمین می‌شود، برآورد شده است. بارندگی فروردین‌ماه نیاز آبی گیاه گل محمدی را تأمین می‌کند.

جدول ۵- آب خالص موردنیاز و نیاز خالص آب آبیاری (برحسب مترمکعب در هکتار، بدون احتساب راندمان)
Table 5- net water requirement and net irrigation water requirement (in cubic meters per hectare, excluding efficiency)

نام گیاه	دوره محاسبه آب موردنیاز (روز)	آب خالص موردنیاز	تأمین شده از بارندگی	نیاز خالص آب آبیاری (کل) سطح خیس شود)	نیاز خالص آب آبیاری (۷۵ درصد سطح خیس شود)
گل محمدی	90	365	93	272	204

۱۳۹۹ اثر تیمار روی صفت ارتفاع در سطح احتمال ($P < 0.05$) معنی‌دار شد. بیشترین طول ارتفاع مربوط به تیمار سوم (با فیلتر و سامانه نیمه عایق) و کمترین ارتفاع و تاج مربوط به تیمار شاهد است.

اثر تیمارها بر روی صفات ارتفاع و تاج: با توجه به جداول (۶) و (۷) در تجزیه واریانس، اثر تیمارهای آبیاری بر روی صفت ارتفاع در سال‌های ۱۳۹۷ با سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) و در سال ۱۳۹۸ و

جدول ۶- تجزیه واریانس صفت ارتفاع در بوته‌های گل محمدی در شهرستان شازند

Table 6- Variance analysis of the height trait in Damask rose in Shazand city

میانگین مربعات (سال ۱۴۰۱)	میانگین مربعات (سال ۱۴۰۰)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۹)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۸)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۷)	درجه آزادی	منابع تغییر
122.5778786 ns	113.9136258 ns	75.039730 *	67.12841 *	1.32074307 **	2	تیمار
44.5554505	43.6743285	18.6772095	49.8583	0.11281505	9	اشتباه
11.83232	12.38800	10.50736	32.17782	2.266277	-	ضریب تغییرات (/)

**معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر صفت ارتفاع در بوته‌های گل محمدی در شهرستان شازند

Table 7- Comparison of the average effect of different irrigation treatments on the height trait of the Damask rose in Shazand city

1401	1400	1399	1398	1397	تیمار
51.02	48.054	36.860 b	25.527 b	14.225 b	شاهد
56.131	53.263	41.012 ab	32.475 a	14.864 a	با فیلتر
62.08	58.726	45.520 a	36.71 a	15.3725 a	با فیلتر و سامانه نیمه عایق

و ۱۴۰۱ اثر تیمارها روی صفت ارتفاع معنی‌دار نیست. نتایج نشان می‌دهد اثر تیمارها بر روی تاج بیشتر از اثر آن‌ها بر روی ارتفاع است. بیشترین تاج در تیمار سوم (با فیلتر و سامانه نیمه عایق) و کمترین تاج در تیمار شاهد به‌دست آمد.

در مورد اثر تیمارها روی صفت طول تاج در تمام سال - های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ معنی‌دار است. در سال ۱۳۹۹ در سطح یک درصد ($P < 0/01$) و در سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در سطح احتمال ($P < 0/05$) معنی‌دار است. در سال‌های ۱۴۰۰

جدول ۸- تجزیه واریانس صفت تاج در بوته‌های گل محمدی در شهرستان شازند

Table 8- Variance analysis of the crown trait in the damask rose in Shazand city.

میانگین مربعات (سال ۱۴۰۱)	میانگین مربعات (سال ۱۴۰۰)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۹)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۸)	میانگین مربعات (سال ۱۳۹۷)	درجه آزادی	منابع تغییر
106.8604861*	110.6923994*	81.0174816**	58.6691837*	2.43719349*	2	تیمار
32.9288616	28.8922913	6.3124922	48.3605772	0.51180426	9	اشتباه
10.68751	10.74813	6.411470	13.99658	4.895962	-	ضریب تغییرات

**معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر صفت تاج در بوته‌های گل محمدی

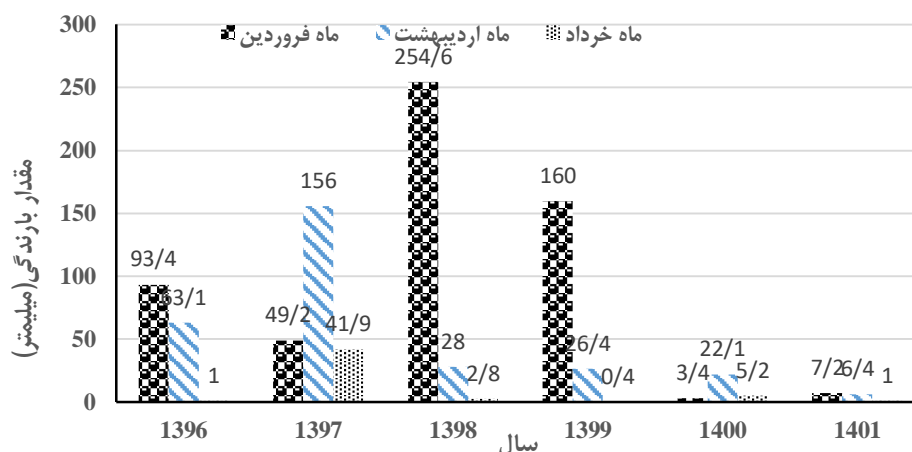
Table 9- Mean values of the crown trait in the damask rose under different irrigation treatments

1401	1400	1399	1398	1397	تیمار
48.845 b	44.851 b	34.814 c	28.05	13.8914 b	شاهد
53.100 ab	49.813 ab	38.942 b	31.746	14.5038 ab	با فیلتر
59.132 a	55.367 a	43.805 a	36.709	15.4413 a	با فیلتر و سامانه نیمه عایق

بحث

نتایج نشان داد که سامانه سطوح آبیگر نیمه عایق با چاله نهال حاوی فیلتر شنی بیشترین تأثیر را در افزایش رطوبت خاک و زنده‌مانی گل محمدی داشته است. بعد از آن سامانه با فیلتر در چاله نهال و در نهایت 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 به دنبال آن تشکیل رسوب به حداقل می‌رسد. با توجه به اینکه بارش‌های کمتر از ۵ میلی‌متر فقط با سطوح عایق تولید رواناب و انتقال به پای بوته می‌کند؛ مزیت سطوح عایق جمع‌آوری بارندگی و ایجاد رواناب در بارندگی حداقل است. در مناطق خشک و نیمه-خشک فراوانی وقایع بارندگی کمتر از ۵ میلی‌متر زیاد هست، لذا نیاز به سامانه آبیگر باران با سطوح عایق ضروری است. با توجه به شکل (۵) در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ مجموع بارندگی در فصل بهار به ترتیب ۲۴۷، ۲۸۵ و ۱۸۷ میلی‌متر و در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب ۳۱ و ۱۴/۵ میلی‌متر بوده است. اثر بارندگی مستقیم بر روی تیمارها تأثیر دارد، در واقع مقدار بارندگی و مدیریت آن از لحاظ سامانه‌های سطوح آبیگر، فیلتر و عایق تأثیر مستقیم در مقدار رطوبت پای بوته، آب مورد نیاز گیاه، زنده‌مانی و شادابی درخت گل محمدی دارد. Eliasi و Nekooeimehr (2016) نیز در تحقیقات خود در زمینه سامانه‌های سطوح آبیگر باران در باغات شیب‌دار به همین نتایج رسیدند. بر اساس تحقیقات Eliasi و Nekooeimehr (2016) در استان چهارمحال و بختیاری در صورت به-کارگیری سامانه‌های سطوح آبیگر باران جهت کشت درختان مثمر کافی است تنها ۵ درصد از نیاز آبی

درختان مثمر به‌عنوان آبیاری تکمیلی تأمین شود. تحقیقات بر روی سامانه‌های کوچک‌مقیاس جمع‌آوری آب باران در مناطق نیمه‌خشک کشور هند نشان داد که این سامانه‌ها باعث افزایش عملکرد محصول و تنوع زراعی در منطقه شده‌اند و میزان استقبال مردم از این سامانه روبه افزایش است. نتایج تحقیقات Abu-Zreig و همکاران (۲۰۱۹)، Deora و Nanore (۲۰۱۹) در زمینه ابداع سامانه‌های جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بدون اتکا به آب سطحی و زیرزمینی و تنها با استفاده از نزولات جوی، حکایت از تأیید یافته تحقیق حاضر را دارد. اگر در تجزیه و تحلیل آماری روند تفاوت‌ها معنی‌داری بین تیمارها و سال‌ها یکسان نیست، به علت عدم مدیریت صحیح در اجرا و مراحل کاشت و داشت در طول ۵ سال، پراکنش بارش از نظر زمانی با نیاز زمانی گل-محمدی به آب است. عمده بارش در پاییز و زمستان است که گیاه در خواب زمستانی است و در ماه‌های اول بهار نیز بارش بیشتر از نیاز آبی گیاه است و در واقع تیمار طبیعی نیز که حداقل تولید رواناب را دارد نیاز آبی گیاه تأمین می‌شود. از آنجاکه راهبرد کلیدی در کشت گیاهان دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک به-منظور به حداقل رساندن ریسک 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 می‌باشند. سامانه سطوح نیمه عایق و تمام عایق دارای هزینه بالایی می‌باشند لذا برای این کار باید از فناوری‌های نو و بهینه استفاده کرد که علاوه بر کاهش هزینه مقدار ضریب رواناب نیز برای بهره‌گیری از بارش‌هایی با عمق کمتر از یک میلی‌متر هم افزایش یابد.



شکل ۵- مقدار بارندگی در فصل بهار در مهر و موم‌های اجرای طرح

Figure 5- The amount of rainfall in the spring season in the years of project implementation

موجود در اراضی شیب‌دار، همواره در معرض فرسایش بوده و از منابع عمده تولید رسوب می‌باشند. تأمین رطوبت و استقرار نهال‌های مثمر در آن‌ها باعث احیا و افزایش تولید محصولات کشاورزی می‌گردد. در پایان استفاده از سطوح عایق با فناوری جدید با تعبیه سامانه ذخیره رواناب حاصل از بارندگی در ماه‌های پرباران سال و استفاده از آب ذخیره‌شده در فصول آبیاری جهت آبیاری تکمیلی باغات در اراضی شیب‌دار توصیه می‌شود. آموزش‌های ترویجی برای ایجاد درک و آگاهی و تقویت نگرش مساعد نسبت به فناوری بهینه سامانه‌های آبیاری باران جهت حفاظت خاک و ایجاد پوشش گیاهی و کاشت درختان مثمر برای بهره‌برداران تدارک دیده شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که سامانه سطوح آبیگر نیمه عایق با چاله نهال حاوی فیلتر شنی بیشترین تأثیر را در افزایش رطوبت خاک داشته است. بعد از آن سامانه با فیلتر در چاله نهال و در نهایت 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 به دنبال آن تشکیل رسوب به حداقل می‌رسد؛ لذا کمترین فرسایش مختص سامانه نیمه عایق (پلاستیک با پوشش سنگریزه) خواهد بود. دیم‌زارهای ره‌اشده

References

- Abu-Zreig, M., Ababneh, F. & Abdullah, F. (2019). Assessment of rooftop rainwater harvesting in northern Jordan. *Physics and Chemistry of the Earth*, (In Press).
- Bani Asadi, M. & Panahi, B. (2017). Investigating the effect of using managed catchment levels systems in increasing plant production. *Irrigation and Water Engineering Scientific Research Quarterly*, (9)34, 207-222. (In Persian)
- Deora, S. & Nanore, G. (2019). Socio economic impacts of Doha Model water harvesting structures in Jalna, Maharashtra. *Agricultural Water Management*, 221, 141-149.
- Eshghizadeh, M. (2018). Determination of rainwater extraction potential based on geomorphological factors & series analysis process Maratabi (Klat watershed, Razavi Khorasan). *System of rain catchment levels*, 7th period, volume 22. (In Persian)
- Hashmati, M., Qitouri, M., Sheikh-Vaisi, M., Arab-Khudri, M., & Hosseini, M. (2017). Dealing with the dryness of the Zagros forests with the approaches of collecting rainwater and maintaining soil moisture in order to manage the environmental consequences. *Geography and*

- environmental hazards*, 23(3), 125-141. (In Persian)
- Hosseini, Q., Ahmadi, A. & Bagheri, R. (2014). Evaluation of the effect of the implementation of rain catchment levels on the state of pastures (Case study: dry and semi-arid pastures of Dehhran region). *Systems of rain catchment surfaces*, 6(1), 57-64. (In Persian)
- Jahantigh, M. (2016) *Investigating the performance of Torkinset in controlling the runoff of rain catchment surfaces in dry areas (case study of the sour watershed of Sistan)*. Proceedings of the 5th National Conference on Rain Catchment Surface Systems. Gilan, Rasht, March 2015. (In Persian)
- Kahinda, J.M., & Taigbenu, A.E., (2011). Rainwater harvesting in South Africa: Challenges and opportunities. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(14-15), 968-976.
- Meter, K., Basu, N., Tate, E., & Wyckoff, J. (2014). Monsoon harvests: the living legacies of rainwater harvesting systems in South India. *Environmental Science & Technology*, 48, 4217-4225.
- Nekooimehr, M., & Eliasi, Z. (2017) *the effectiveness of using rainwater harvesting methods in improving plant indicators in rainfed conditions*, the 6th National Conference on Rainwater Catchment Surface Systems, Bahman, Khomeinishahr. (In Persian).
- Qiang, Z., Yuanhong, L., & Manjin, C. (2006), *Effect of low-rate irrigation with rainwater harvesting system on the dry farming*. The 2nd International RWHM Workshop, IWA 5th world water congress and exhibition. Beijing, china.
- Rahimpour, M., Tajbakhsh, M. & Memarian, H. (2016). Use of run off from stone surfaces in supplementary irrigation (Case study: Zashk Abardeh watershed of Targaba Shandiz city). *Rain catchment surface systems*, 12(3), 73-83. (In Persian)
- Rockstroma, J., Karlberg, L., Wani, S.P., Barron J. & Hatibu, N. (2009). Managing water in rainfed agriculture- The need for a paradigm shift, *Agricultural Water Management*, 87(4), 543-550.
- Soltani, M., Soleimani, K., Habib-nejad Roshan, M. & Jalili, Kh. (2018). Comparative location of rainwater collection (Case study: Mekhoran and Khosroabad basins of Kermanshah province). *Desert Ecosystem Engineering*, 7(18), 49-62. (In Persian)
- Stanton, D. (2005). Roaded catchments to improve reliability of farm dams. Government of Western Australia, Department of Agriculture, Bulletin 4660.
- Traboulsi, H., & Traboulsi, M. (2015), Rooftop level rainwater harvesting system, *Applied Water Science*, 7, 769-775.
- Wang Y., Xie, Z., Malhi, S.S., Vera, C.L., Zhang, Y. & Wang, J. (2009). Effects of rainfall harvesting and mulching technologies on water use efficiency and crop yield in the semiarid Loess Plateau, China. *Agricultural water management*, 96(3), 374-382.
- Yazar, A., Kuzucu, M., Celik, I., Sezen, S.M. & Jacobsen S.E. (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*, 200(5), 361-370.
- Yi, L., Shenjiao, Y., Shiqing, L., Xinping, C. & Fang C. (2010). Growth and development of maize (*Zea mays* L.) in response to different field water management practices: Resource capture and use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(4), 606-613.