



## Evaluation of the effectiveness of different soil conservation methods in the watersheds of desert regions

Najmeh Hajseyed Alikhani<sup>1</sup> | Hamzeh Saeediyani<sup>2✉</sup>

1. Researcher, Department of Soil and Water Conservation and Watershed Management, Agricultural Research and Natural Resources Center, Kerman Province, Agricultural Research, Education and Development Organization, Kerman, Iran. E-mail: [n.sedalikhani@areeo.ac.ir](mailto:n.sedalikhani@areeo.ac.ir)

2. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Khuzestan Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahwaz, Iran. E-mail: [hamzah.4900@yahoo.com](mailto:hamzah.4900@yahoo.com)

| Article Info                                                                                     | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Article type:</b> Promotional                                                                 | Soil, as a bedrock of life, has always held great importance, to the extent that various methods have been created around the world to protect it. Over time, some of these methods have lost their effectiveness, while others are still in use. In this research, data was analyzed and evaluated using a completed questionnaire from experts and locals in the area, along with library and field studies, and the preparation of documentary films and photos. Locations in Kerman province where remnants of traditional soil conservation methods were present were identified. Potential weaknesses of the methods were determined through information gathering from users or field observations. Given that part of Kerman province is desert and arid, traditional soil conservation methods were identified, examined, and studied. The research results led to the identification of 21 traditional and modern soil conservation methods. Additionally, among the traditional and modern soil conservation methods, management of degradation causes, new technologies, watershed management, and desert management plans are some of the most important methods that require further development. The combination of indigenous knowledge, modern science, and new technologies, especially in stabilizing sand and identifying centers, along with a focus on sustainable management of resources (water, soil, vegetation, livestock), is the key to success in reducing erosion and restoring sensitive ecosystems in Kerman province. Furthermore, the research results indicated that despite the significant activities carried out in the field of desertification in the province, the vast amount of desert land and the high volume of remaining work require more attention from the provincial authorities and the allocation of special funds to accelerate desertification activities in order to shorten the execution time of projects and make them more effective. If this is achieved, it will prevent the enormous damages caused to the economic, social, and cultural infrastructure of the province due to the invasion of shifting sands, and the economic prosperity of the region will increase. |
| <b>Article history:</b>                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Received:</b> Aug. 02, 2025                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Revised:</b> Aug. 25, 2025                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Accepted:</b> Oct. 06, 2025                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Published online:</b> Jul. 18, 2026                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Keywords:</b><br><i>Soil conservation,<br/>Watershed,<br/>Human Factors,<br/>Destruction.</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Cite this article: AliKhani, N., Saeediyani, H., (2026) Evaluation of the effectiveness of different soil conservation methods in the watersheds of desert regions, *Scientific-Promotional Journal of Aquifer*, 21 (1).

Publisher: The University of Tehran Press.

**بررسی کارایی روش‌های سنتی حفاظت خاک در حوزه‌های آبخیز مناطق کویری**نجمه حاج سید علیخانی<sup>۱</sup> | حمزه سعیدیان<sup>۲</sup> ✉

۱. محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران. رایانامه:

[n.sedalikhani@areeo.ac.ir](mailto:n.sedalikhani@areeo.ac.ir)

۲. نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

[hamzah.4900@yahoo.com](mailto:hamzah.4900@yahoo.com) رایانامه: اهواز، ایران.

| اطلاعات مقاله     | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| نوع مقاله: ترویجی | خاک به عنوان بستر حیات از دیرباز دارای اهمیت فراوانی می‌باشد به طوری که روش‌های مختلفی در سراسر دنیا برای حفاظت از آن ایجاد شد که به مرور زمان بعضی از روش‌ها کارایی خود را از دست داده ولی برخی دیگر از روش نیز همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پژوهش با استفاده از پرسش از کارشناسان و بومیان منطقه و پژوهش‌های کتابخانه‌ای و میدانی و تهیه مستندات فیلم و عکس، داده‌ها بررسی و ارزیابی شد. مکان‌هایی از استان کرمان که در آن‌ها آثاری از روش‌های سنتی حفاظت خاک بجای مانده بود، شناسایی شد. نقاط ضعف احتمالی روش‌ها از طریق کسب اطلاع از بهره‌بردار و یا مشاهده میدانی مشخص شد. با توجه به بیابانی و کویری بودن قسمتی از استان کرمان، روش‌های سنتی حفاظت خاک شناسایی، بررسی و مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تحقیق منجر به شناسایی ۲۱ روش سنتی و نوین حفاظت خاک شد. از بین روش‌های سنتی و نوین حفاظت خاک، روش‌های مدیریت علل تخریب، فناوری‌های نوین، آبخیزداری و طرح مدیریت بیابان از مهمترین روش‌ها می‌باشند که نیاز به توسعه بیشتری دارند. ترکیب دانش بومی، علم روز و فناوری‌های نوین به‌ویژه در تثبیت شن و شناسایی کانون‌ها و تمرکز بر مدیریت پایدار منابع (آب، خاک، پوشش گیاهی، دام) کلید موفقیت در کاهش فرسایش و احیای زیست بوم‌های حساس استان کرمان است. ضمناً نتایج تحقیق نشان داد که علیرغم فعالیت‌های چشمگیری که در زمینه بیابان‌زدایی در استان صورت گرفته ولی بدلیل وسعت زیاد اراضی بیابانی و حجم بالای کار باقیمانده نیاز به توجه بیشتر مسئولین استان و اختصاص اعتبار ویژه به‌منظور سرعت بخشیدن به فعالیت‌های بیابان‌زدایی در جهت کوتاه کردن زمان اجرای پروژه‌ها و اثر بخش نمودن آن‌ها می‌باشد که در صورت تحقق این امر از خسارات هنگفتی که به زیرساخت‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان در اثر هجوم شن‌های روان وارد می‌شود، جلوگیری به‌عمل خواهد آمد و رونق اقتصادی منطقه بیشتر خواهد شد. |

واژه‌های کلیدی:

حفاظت خاک،

حوزه آبخیز،

عوامل انسانی،

تخریب.

استناد: حاج سید علیخانی؛ نجمه، سعیدیان؛ حمزه، (۱۴۰۵) بررسی کارایی روش‌های سنتی حفاظت خاک در حوزه‌های آبخیز مناطق کویری، نشریه علمی-ترویجی آبخوان،

(۲۱) ۱.

## مقدمه

امروزه اهمیت تشکیل خاک و همچنین سرعت ایجاد آن تا حدود زیادی مورد توجه اکثر محققان در سراسر دنیا قرار گرفته است و روزبه‌روز مکانیسم تشکیل خاک با تحقیقات گسترده‌تر هم باعث افزایش کشفیات بشر در مورد خاک شده است و هم اینکه مجهولات بشر نیز به مراتب در مورد تشکیل خاک و همچنین سرعت ایجاد آن در کاربری‌های مختلف بیشتر شده است. هم اکنون در سراسر دنیا میانگین سرعت از دست رفتن خاک حدود ۱۰ برابر سرعت بازسازی آن شده است (Churchman, and Landa, 2014). مردم مناطق کویری با تکیه بر تجربه و با بکارگیری فنونی به ظاهر ساده با استفاده از مصالح سنگ و خاک و شاخه‌ها و تنه‌های گیاهان توانسته‌اند تا حد امکان خاک را حفظ کنند و علاوه بر تولید محصولات کشاورزی از فرسایش آبی و بادی و خطرات سیل و خشکسالی بکاهند. فناوری بومی حفاظت از منابع آب و خاک مجموعه روش‌ها و مهارت‌هایی است که با توجه به شرایط محیط طبیعی و اجتماعی جوامع برای مدیریت منابع آب و خاک خود از آن‌ها استفاده می‌کنند. خاک یک منبع کلیدی است که در عملکرد سیستم زمین در کنترل و مدیریت چرخه آب، مواد شیمیایی زمین و موجودات زنده دخالت می‌کند (Brevik et al., 2015; Parras-Alcántara et al., 2013) که اگر حفاظت نشود مورد تخریب و فرسایش قرار می‌گیرد.

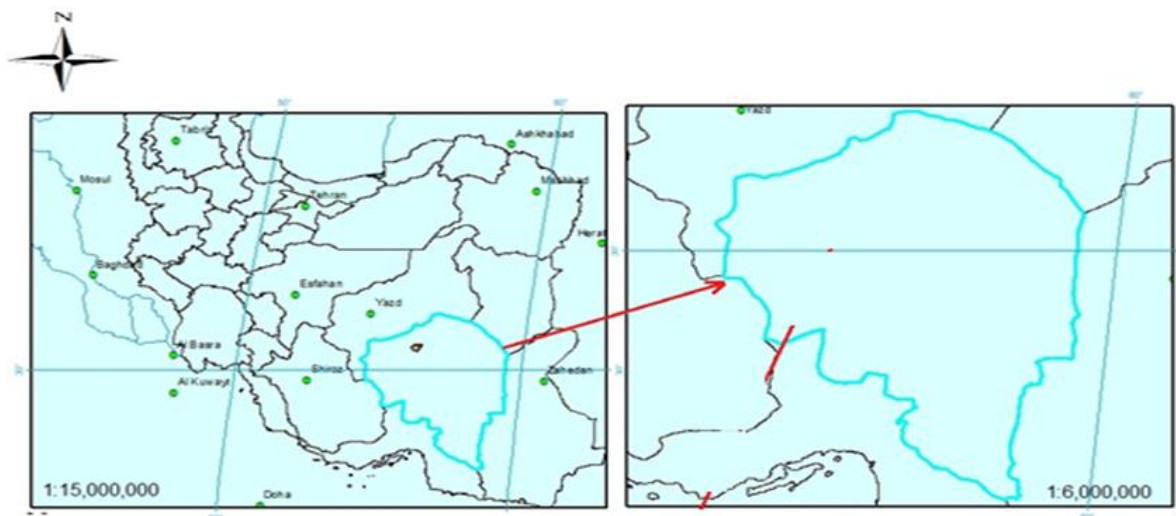
خاک به‌عنوان منبع طبیعی، سرمایه ملی و بستر حیات، نقش اساسی در استقرار و رشد جوامع بشری دارد و در واقع بخشی از زنجیره غذایی انسان و سایر حیوانات از خاک است. با درک عمیق قدر و منزلت منابع خاک کشور و لزوم حفظ و حراست از این سرمایه خدادادی جهت بهره‌برداری پایدار و حفظ امانت برای نسل‌های آینده، توسعه پایدار هیچ کشوری بدون توجه به منابع خاک، دست‌یافتنی نخواهد بود. فرسایش خاک باعث سطح از دست‌رفتگی خاک توسط عوامل محیطی مختلف مانند آب و هوا، خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی می‌شود (Chen et al., 2019; Thomas et al., 2018). تغییر نادرست و غیر اصولی کاربری اراضی بر محیط زیست، سلامت و کیفیت خاک اثر می‌گذارد (Frac et al., 2017; Wall et al., 2012) و در نهایت نیز باعث تخریب خاک می‌شود (Kukul and Aggarwal, 2002; Lambin., 1997). روش‌های سنتی حفاظت خاک و ارائه راه‌های اصلاح یا رفع آن‌ها از طریق استفاده از فنون و امکانات نوین، تا حد بسیار زیادی به توانمندسازی ایده‌های ساکنین منطقه و در نهایت با حفظ خاک منطقه و تقویت پوشش گیاهی آن از نظر اقتصادی و اجتماعی ساکنین منطقه کمک شایان می‌کند.

حفاظت خاک به مجموعه‌ای از اقدامات و فرآیندهایی اطلاق می‌شود که هدف آن‌ها، حفظ و بهبود کیفیت خاک است. منظور از کیفیت در حوزه منابع طبیعی، آن دست از ویژگی‌هایی است که می‌تواند حیات گیاهان و سایر گونه‌های زنده را تضمین کند. Roghani و همکاران (2012) در پی ارائه راه‌کارهای مطمئن در توسعه باغات و مدیریت اراضی دیم در حوزه‌های آبخیز تحقیقاتی در استان‌های کشور انجام دادند، که در زمینه استفاده از سطوح عایق در بهبود راندمان سامانه‌های سطوح آبیگر، نتایج ارزشمندی را به همراه داشته است. مقایسه تیمار برتر پروژه بهینه‌سازی سامانه‌ها در برابر تیمار برتر پروژه ارزیابی شکل سامانه‌ها، راندمان چشم گیر ذخیره سازی رطوبت را در این تیمار نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق به عنوان راه‌کاری موثر در توسعه باغات دیم و استفاده بهینه از منابع آب و خاک می‌باشد. Tekwa و همکاران (2010) اثرات تکنیک‌های سنتی حفاظت خاک در تولید پایدار محصولات مزارع مشخص شده از شش روستا در منطقه موبی واقع در شمال غربی ایالت آدامووا نیجریه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تکنیک‌های حفاظت خاک یک ابزار اجتناب ناپذیر در امر تولید پایدار به ویژه در اراضی زراعی تحت تخریب شدید خاک می‌باشند. در مجموع نتایج سوابق پروژه‌های انجام شده در ایران و کشورهای دیگر نشان می‌دهد که بومیان مناطق بر اساس اقلیم منطقه روش‌های مناسبی برای حفاظت آب و خاک انجام داده‌اند و توانسته‌اند در شیب‌های مناسب و بر اساس بازندگی‌های منطقه آب و خاک را به اندازه‌ای برای خود حفظ کنند تا جایی که در بعضی مناطق دیم کاری‌هایی در بیابان‌ها انجام شده که تبدیل به جنگل کاری شده و علاوه بر مسائل اقتصادی سبب حفظ خاک و آب گردیده است. هدف تحقیق حاضر بررسی روش‌های سنتی حفاظت خاک در مناطق کویری به خصوص استان کرمان می‌باشد که به نوبه خود تحقیقی ارزشمند برای حفظ میراث گذشتگان محسوب می‌شوند.

## مواد و روش‌ها

استان کرمان با مساحت ۱۸۲۳۰۱ کیلومتر مربع، در جنوب شرقی ایران بین ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی قرار دارد که پهناورترین استان کشور از نظر وسعت است. حد شمالی استان کرمان به استان‌های

خراسان جنوبی، یزد و حد جنوبی آن به استان هرمزگان و حد شرقی به استان سیستان و بلوچستان و حد غربی آن به فارس محدود است و معادل ۲۲٪ مساحت باغات کشورو رتبه نخست کشوری با ۷۹۵۰۹۲ هکتار مساحت اراضی باغات را به خود اختصاص داده است (شکل ۱).



شکل ۱: مشخصات منطقه مورد مطالعه

مساحت مراتع عمدتاً از نوع مراتع فقیر و متوسط با ۷۷۰۰۰۰۰ هکتار و مساحت جنگل‌ها ۲۵۰۰۰۰۰ هکتار عمدتاً از جنگل‌های تنک می‌باشد. مساحت مناطق کویری و بیابانی استان ۶۳۰۰۰۰۰ هکتار که در همجواری یکی از بزرگترین کویرهای دنیا (کویر لوت) قرار دارد. این استان با در برگرفتن حدود ۱۱ درصد از مساحت کشور بخش وسیعی از پیکره جنوب شرقی فلات مرکزی ایران را می‌پوشاند و کلیه فعل و انفعالات پیچیده و خشن طبیعی مربوط به شرایط آب و هوایی خشک و شدید کویری را دارد (Haj Seyed Alikhani, 2023). اما از آنجایی که دو سوم این سرزمین را کوه‌ها می‌پوشانند، وجود گستره وسیع ارتفاعات از نفوذ و تسلط کامل شرایط سخت کویری بر پهنه تا حد قابل ملاحظه‌ای کاسته است. در این پژوهش با استفاده از پرسش از کارشناسان و بومیان منطقه و پژوهش‌های کتابخانه‌ای و میدانی و تهیه مستندات فیلم و عکس، داده‌ها بررسی و ارزیابی شد. مکان‌هایی از استان که در آن‌ها آثاری از روش‌های سنتی حفاظت خاک بجای مانده بود شناسایی شد. نقاط ضعف احتمالی روش‌ها از طریق کسب اطلاع از بهره‌بردار و یا مشاهده میدانی مشخص شد. با توجه به بیابانی و کویری بودن قسمتی از استان، روش‌های سنتی حفاظت از خاک شناسایی، بررسی و مورد مطالعه قرار گرفت. یکی از راه‌های سنتی حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش بادی و خاکی استان، کاشت جنگل‌های گز و تاغ است که در بعضی مناطق مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفتند. خصوصیات درخت گز و کاربرد آن‌ها برای حفاظت خاک در استان بررسی شد (Haj Seyed Alikhani, 2023). همچنین تل‌های گز و تاغ شهداد و نبکاهای فهرج مورد مطالعه قرار گرفتند. سپس راه‌کارهای نوین جلوگیری از فرسایش بادی و خاکی استان مورد ارزیابی قرار گرفت.

## نتایج و بحث

### شناسایی و بررسی روش‌های سنتی حفاظت خاک در سطح استان کرمان

استان کرمان، استانی کویری و بیابانی است و همجواری با کویرهای لوت و زنگی احمد که در قسمت شرقی استان قرار دارند باعث شده که بیابان وجه غالب و تاثیرگذار در اقلیم این استان باشد. از ۱۸/۲ میلیون هکتار مساحت استان حدود ۱۶/۲ میلیون هکتار را عرصه‌های منابع طبیعی تشکیل می‌دهند که از این میزان ۶/۳ میلیون هکتار، اراضی بیابانی می‌باشند که حدود ۳۴ درصد از سطح استان را به خود اختصاص داده‌اند. از این میزان ۳/۳ میلیون هکتار اراضی کویری و بیابانی و ۳ میلیون هکتار شن‌زارهای فعال و نیمه فعال می‌باشند که تمرکز فعالیت‌های تثبیت شن و بیابانزدایی در استان در محدوده همین شن‌زارها می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که سطحی معادل ۴/۲ میلیون هکتار از اراضی بیابانی استان تحت تاثیر شدید فرسایش بادی قرار داشته که دارای بالاترین درجه آسیب پذیری می‌باشند (Haj Seyed Alikhani, 2023). همچنین بر اساس مطالعات شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی در سال ۸۱، تعداد ۱۶ کانون بحرانی فرسایش بادی با مساحت ۶۷۶۰۰۰ هکتار در سطح استان شناسایی شده، که در حال حاضر عمده فعالیت‌های استان در بخش بیابان

در محدوده همین کانون‌های بحرانی صورت می‌گیرد. شایان ذکر است که استان کرمان از نظر وسعت کانون‌های بحرانی با شدت زیاد یعنی مناطقی که تحت تاثیر فرآیند فرسایش بادی، بالاترین درجه خسارت را در ابعاد اجتماعی و اقتصادی متحمل می‌گردند، رتبه اول در سطح کشور را دارا می‌باشد. لذا پدیده بیابان‌زایی در استان کرمان بایستی بطور جدی مورد توجه قرار گیرد.

لازم به ذکر است این پدیده مختص مناطق خشک و نیمه خشک تا نیمه مرطوب بوده و مشخصه بارز آن نابودی پوشش گیاهی است و نقش انسان در بروز این پدیده و تخریب منابع طبیعی در صدر قرار دارد. از جمله اثرات بیابان‌زایی می‌توان به نامناسب شدن شرایط زیست محیطی نامطلوب به ساختار اجتماعی و اقتصادی، شوری و قلیائی شدن خاک‌های حاصلخیز، ایجاد سیلاب‌های مخرب و از دسترس خارج شدن مقدار قابل توجهی از آب‌های سطحی، ایجاد تپه‌های ماسه‌ای فعال و نیمه فعال و اراضی رسی شور غیر قابل کشت، فرسایش خاک حاصلخیز و تخریب تاسیسات آبرسانی و مسکونی روستاها، راه آهن، جاده‌های آسفالت و شوسه و غیره اشاره نمود. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده از مهمترین عوامل فرسایش خاکی در استان می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: ۱- بروز محدودیت‌های محیطی و اقلیمی بدلیل مجاورت با دو کویر لوت و زنگی احمد. ۲- فرسایش شدید اراضی بدلیل فقر پوشش گیاهی. ۳- اثر عوامل انسانی شامل چرای مفرط، بوته کنی، قطع اشجار و توسعه غیر اصولی کشاورزی در تخریب اراضی. ۴- برداشت بی رویه آب از سفره‌های آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور. ۵- تخریب عوامل کنترل و نفوذ آب در آبخیزهای کوهستانی استان. ۶- اعمال روش‌های غلط و غیر اصولی آبیاری. ۷- وجود سازندهای خاص زمین شناسی. ۸- معدن کاوی و بهره برداری از معادن. ۹- توسعه خطوط مواصلاتی شهرها و روستاها و صنعت.

با توجه به موارد فوق الذکر و پائین بودن میزان بارندگی نسبت به مقدار بارش کل کشور، روند تخریب و بیابانی شدن در استان کرمان از حد متوسط کشور که یک درصد است خیلی بیشتر می‌باشد. اما در مقابل پدیده بیابان‌زایی، بحث بیابان‌زدائی مطرح می‌شود. اصولاً بیابان‌زدائی، فعالیت‌هایی را شامل می‌شود که بخشی از توسعه جامع سرزمین در مناطق خشک و نیمه خشک در راستای توسعه پایدار را در بر گرفته است. به عبارت دیگر، بیابان‌زدائی هر گونه اقداماتی را که از گسترش مناطق بیابانی جلوگیری کرده و موجبات آبادانی و عمران مناطق بیابانی را فراهم نماید، می‌باشد. لازم بذکر است فعالیت‌های بیابان‌زدایی در استان کرمان از سال ۱۳۴۵ در اطراف شهر کرمان آغاز گردیده که با توجه به گستردگی کانون‌های بحرانی در سطح استان، دامنه فعالیت‌ها بطور چشمگیری افزایش یافته است، بطوریکه تاکنون فعالیت‌هایی از جمله نهالکاری، مالچ پاشی، بذرکاری و بذرپاشی، کنترل هرزآب و احداث بادشکن بیولوژیک با مشارکت مردم صورت گرفته است. از روش‌های سنتی و مهم و شاخص مردم در بخش بیابان‌زدایی استان می‌توان به احداث بادشکن زنده اطراف مزارع اشاره نمود که اولین بار در استان کرمان در منطقه کهنوج آغاز گردیده است.

### جنگل‌های گز و تاغ راهی برای جلوگیری از فرسایش آبی و خاکی مناطق بیابانی استان کرمان

کرمانیان قدیم وقتی از طوفان شن و تند باد یاد می‌کنند، زمانی را به یاد می‌آورند که یک طوفان عادی نیز می‌توانست شهر کرمان را در زمانی کوتاه به شن‌زار تبدیل کند و به خوبی می‌توان فهمید که تنها عامل حیات و زندگی مردمان این منطقه و رهایی از بیابان‌ها و شن‌زارهای کرمان چیزی نیست جز درختان گز و تاغ‌زارهایی که در اطراف شهر کرمان و برخی دیگر از شهرهای کویری این مناطق وجود دارند. مکان‌هایی که روزگاری خود کانون‌های مهم بیابانی استان کرمان محسوب می‌شدند به سبب وجود این درختان، اکنون به یکی از مهمترین کانون‌های حیات جانوری و گیاهی کرمان نیز تبدیل شده است. بر طبق آمار اداره کل منابع طبیعی استان کرمان، ۳۴ درصد وسعت استان کرمان به عنوان بزرگترین استان کشور بیابان است و تنها ۷/۵ درصد جنگل است که بخشی از آن دست کاشت است. استان کرمان هم اکنون ۱۶ کانون بالقوه بادی و بیابانی دارد و ۴/۲ میلیون هکتار از اراضی بیابانی کرمان به صورت مستقیم تحت تاثیر فرسایش قرار دارد و مجموع کانون‌های فرسایش بحرانی باد در استان کرمان مساحتی معادل ۶۷۶ هزار و ۲۳۴ هکتار را در بر می‌گیرد. در این میان باید این نکته را در نظر گرفت که اگر این جنگل‌های وسیع و پر اهمیت در کرمان کوچکترین آسیبی ببینند در زمانی کوتاه این مناطق بیابانی افزایش خواهند یافت. سالانه ۱۶۶ میلیارد ریال خسارت از سوی این کانون‌ها به تاسیسات زیر بنایی، کشاورزی، جاده‌ها و تاسیسات صنعتی وارد می‌شود که نشان می‌دهد در مقابل حجم بالای کانون‌های بیابانی، وسعت درختان گز و تاغ‌زارهای استان کرمان محدود شده است اما حیاتی می‌باشند (Haj Seyed Alikhani, 2023). بسیاری از شهرهای استان از جمله شهر کرمان، شهداد، ریگان، فهرج، بم و نرماشیر و برخی دیگر شهرهای استان در کنار کویر لوت قرار دارند که مهمترین کانون شن منطقه و فلات ایران است که خالی شدن بسیاری از روستاهای ریگان و فهرج به دلیل ورود شن به روستاها است. در واقع همین جنگل‌ها از گسترش کویر به این شهرها و بسیاری از روستاها جلوگیری می‌کنند. مرمان این سرزمین از سالیان گذشته می‌دانستند که وجود درختان گز و کهور مانعی برای افزایش مناطق

بیابانی و کویری هستند. هم اکنون زندگی مردم ۱۰۰ روستا در شرق استان در معرض تهدید شن‌های روان است و احتمال تخلیه شدن آنها وجود دارد. شن‌های روان در هر طوفان به مرور وارد مزارع می‌شوند و هر سال از وسعت مزارع کم می‌شود و بر وسعت بیابان افزوده شود. حتی مکان‌های مسکونی مردم نیز در امان نیستند. بر طبق آمار و اطلاعات ۳۰ درصد از تاغ‌زارهای استان در معرض خطر تخریب قرار دارند که یکی از دلایل آن خشکسالی‌های اخیر بوده است.



شکل ۲: نمونه‌ای از جنگل‌های گز استان کرمان



شکل ۳: نمونه‌ای از جنگل‌های گز منطقه کبوتر خان

درخت گز به طور کلی در مناطق گرمسیر رشد بهتر و دوام و ماندگاری بیشتری دارد. از خانواده میخک‌هاست. دلیل عمر طولانی آن (گاهی هزار سال و بیشتر) ریشه‌ها و دسترسی ریشه‌ها به آب‌هاست. شکل ظاهری آن درختی است کبود رنگ و صاف به بلندی حدود ۱۰ متر و برگ‌های آن ریز و دارای غلاف و انتهای آن نوک‌دار می‌باشد. گل‌های آن خوشه‌ای و باریک و پر پشت با پایک کوتاه و گال‌هایی در گره‌های شاخه‌های درخت در ابعاد یک نخود ایجاد می‌شود (شکل ۲). این درخت در مصر، عراق، عربستان، ایران، افغانستان و پاکستان انتشار دارد. در ایران در مناطق خشک و بی‌آب و علف جنوب و برازجان، دالکی، بوشهر تا جاسک، بمپور، سیستان، بم، شهداد و طبس می‌روید. چوب آن سفید و شکننده است و در این مناطق برای جلوگیری از پیشرفت شن‌های روان کاشته می‌شود. همه انواع درخت گز دارای برگ‌های سوزنی و باریک و بهم فشرده‌اند. شاخه‌های این درخت از ارتفاع پایین شروع شده و دست انسان به شاخه‌های پایین آن به راحتی می‌رسد و بلندترین آنها درخت گز شاهی یا شاهنشاهی است که تا پانزده متر هم می‌رسد. چند نوع درخت گز در ایران وجود دارد و برگ درخت گز شور است و معمولاً غیر از شتر حیوان دیگری از آن تغذیه نمی‌کند (شکل ۳). حدود ۲۰ کیلومتر بعد از شهر شهداد و به سمت بیابان لوت، جنگلی از درختان کوتاه‌قد که به پارک و یا جنگل نکاها معروف است، وجود دارد. این جنگل‌ها در بیابان، نام‌های متفاوتی در گویش‌های مختلف دارد که از جمله‌ی آنها می‌توان به تلِ گز و تل تاغ اشاره کرد و به گلدان‌های کویری هم معروف هستند. تپه‌ها و

پوشش گیاهی روی آن، درختان ایستاده روی آنها هستند. بومیان مناطق اطراف و صاحب نظران، این پوشش‌های گیاهی را با توجه به نام درخت روی آن نام‌گذاری می‌کنند. دلیل این موضوع این است که هم نشینی درختان گز و درختان تاغ روی این تل‌ها با نام تل گز و تل تاغ مورد خطاب قرار می‌گیرند. همین نوع، پوشش گیاهی در صحرای آفریقا و در دنیا «نیکا» نام‌گذاری شده است که به گلدان‌های کویر هم معروف هستند (شکل ۴). عمر درختچه‌های گز و تاغ بسته به میزان توجه به نگهداری و مراقبت از آن، به صدها سال می‌رسد. ارتفاع نیکاها به ده متر از سطح کویر هم می‌رسد. درختان تاغ و گز باعث توقف و ریخته شدن شن و ماسه در حوالی خود می‌شوند و این تپه‌های ماسه ای را بوجود می‌آورند و همچنین مانع از ورود طوفان‌های شن به روستاهای اطراف می‌شوند. در واقع این تل‌های گز و تاغ یا به عبارتی جنگل‌های گز مانع از گسترش کویر شده و سدی محکم در برابر کاهش فرسایش بادی و خاکی هستند. مردمان این سرزمین از سالیان گذشته می‌دانستند که وجود درختان گز و کهور مانعی برای افزایش مناطق بیابانی و کویری هستند و برای حفظ و نگهداری و گسترش آنها را تلاش می‌کنند.



شکل ۴: نمونه‌ای از تل گز در منطقه شهداد

یکی از عوارض طبیعی استثنایی و شگفت‌انگیز بیابان‌های فهرج وجود گونه‌ای از بزرگ‌ترین نیکاهای جهان یا گلدان‌های طبیعی است که در ۱۰ کیلومتری حاشیه جنوبی شهرستان فهرج در روستای جهان‌آباد است. درختان و درختچه‌های گز، نیکاها را تشکیل داده‌اند و ارتفاع این گلدان‌های طبیعی به بیش از ۲۰ و در بعضی نقاط به ۳۰ متر می‌رسد. نیکاها عموماً در سطوح همواری می‌رویند که میزان ماسه متوسط و سطح آب زیرزمینی بالا و یا از رطوبت کافی برای رشد گیاه برخوردار باشند. نیکا شامل ماسه، لای، رس و سیلت است و شکل آنها از اندازه، تراکم و میزان رشد گیاه میزبان است که در شهرستان فهرج درختچه‌های گز از عمده‌ترین گونه‌های میزبان نیکاها هستند. شرایط به وجود آمدن نیکا به این صورت است که درختان در مسیر حمل فرسایش بادی، مانع ایجاد می‌کنند و سبب تجمع ماسه‌ها در پای گیاه می‌شوند و به مرور زمان تله‌ای از ماسه یا تاجی از پوشش گیاه به وجود می‌آید. زمانی که سطح آب زیرزمینی افت می‌کند، این ارتباط قطع و تخریب نیکا آغاز می‌شود و سرانجام به مرگ نیکا می‌انجامد. نیکاها چند ساله در تغییر سطح آب زیرزمینی، هرز آب‌ها، تبخیر، تعرق و کنترل رسوبات بادی منطقه نقش اساسی دارند. نیکا پدیده‌ای طبیعی است که بر اثر تجمع شن‌های روان در کنار بوته گز بیابانی به وجود می‌آید و گیاه برای اینکه زیر شن‌ها مدفون نماند به مرور ساقه خود را بلندتر می‌کند و همین امر سبب می‌شود که پس از سال‌های متعددی تپه‌ای بلند از شن ایجاد شود که بر بلندای آن یک درختچه گز قرار دارد و به یکی از پدیده‌ها و جاذبه‌های دیدنی کویر در شهرستان فهرج بدل شده است. نیکاها نقش بسیار مهمی در جلوگیری حرکت شن‌های روان در این منطقه دارند و همچون سدی در مقابل طوفان‌های شدید این منطقه ایستاده‌اند (شکل ۵). نیکاهای منطقه فهرج مانند پلی مانع از تخریب شدگی حاصل از فرسایش بادی منطقه می‌شوند و در واقع روشی سنتی و بیولوژیک برای جلوگیری از فرسایش بادی و خاکی منطقه هستند و از دیرباز تاکنون تاثیر بسزایی بر روند کاهش فرسایش بادی و خاکی منطقه دارند. منطقه‌ای که در سالیان گذشته در اثر طوفان‌های شن، حیات و زندگی را از ساکنان می‌گرفت و روستا در شن فرو می‌رفت اکنون به خاطر وجود جنگل‌های گز و تاغ به منطقه‌ای گردشگری تبدیل شده است.



شکل ۵: نمونه‌ای از نیک‌ها منطقه فهرج



شکل ۶: نمونه‌ای از عملیات جنگل‌کاری در شهداد برای جلوگیری از فرسایش خاک



شکل ۷: نهال‌کاری با گونه بادام کوهی و بنه به میزان ۷۰۰ هکتار در منطقه شرق و غرب و جنوب کارخانه بوتیای کرمان



شکل ۸: ایجاد جنگل‌های دست‌کاشت بیابانی در پنج هزار و ۸۴۰ هکتار از مناطق بحرانی فرسایش بادی و توفان خیز جیرفت



شکل ۹: جنگل‌کاری قائم شهر کرمان برای جلوگیری از ورود شن‌های روان به شهر



شکل ۱۰: کاج دست‌کاشت اطراف شهر کرمان برای جلوگیری از فرسایش خاک



شکل ۱۱: درختکاری ۳۰۰ هکتار از اراضی بردسیر به دست بومیان منطقه



شکل ۱۲: کشت گل محمدی در منطقه لاله زار در شیب ۳۰ درصد برای حفاظت از خاک



شکل ۱۳: کاشت پسته در منطقه کویری رفسنجان

در استان کرمان در شهرهای مختلف نیز از جنگل کاری و نهال کاری با بادام کوهی و همچنین از کشت گل محمدی و پسته نیز برای حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش استفاده می‌شود (شکل‌های ۶، ۷، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳). در زمان‌های گذشته در اطراف روستاها یا شهرهای استان کرمان، در مسیر رودخانه دیواره‌های آب بند احداث می‌کردند. این سازه‌ها بطور کلی برای جلوگیری از ورود سیلاب به

روستا و کاهش فرسایش خاک و حفظ و نگهداری اراضی منطقه احداث می‌شدند. با توجه به بازدیدها و کسب اطلاعات از اهالی منطقه، مردم در این مناطق دیوارهایی به ارتفاع حدود ۱ تا ۲ متر احداث می‌کردند. این دیوارها برای کاهش تخریب سیل، حفظ اراضی باغی و کاهش فرسایش خاک احداث می‌شدند و در مناطقی هم برای انحراف مسیر سیل و جلوگیری از ورود آن به روستا بوده است. احداث این سازه‌های سنگی - خاکی از جمله روش‌های سنتی است که پیشینیان این مناطق برای حفاظت خاک منطقه انجام می‌دادند. جنس این دیوارها از سنگ و خاک‌های خود منطقه بوده که بعضی به صورت خشکه چین و بعضی با استفاده از ملات محکم شده‌اند. از فواید فنی این دیوارهای طویل این بوده که به مرور زمان با انباشته شده رسوبات سیل در پشت آن جایگاهی مناسب برای حفاظت خاک ایجاد می‌شد (شکل ۱۴ و ۱۵).



شکل ۱۴: دیوارهای احداثی در اطراف شهر کرمان



شکل ۱۵: نمونه‌ای از دیوارهای احداث شده در منطقه ماهان

#### راهکارهای سنتی و نوین مقابله با فرسایش بادی و خاکی در استان کرمان

استان کرمان با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، به‌طور جدی در معرض فرسایش بادی و خاکی قرار دارد. برای مقابله با این چالش، راهکارهای جامع و نوین زیر پیشنهاد می‌شود: (۱) مدیریت علل تخریب: کنترل عواملی که به تخریب محیط زیست و افزایش فرسایش دامن می‌زنند، پایه‌ای‌ترین اقدام است. (۲) اعمال اصول حفاظت در طرح‌های اجرایی: گنجاندن اصول حفاظت خاک و منابع طبیعی در کلیه طرح‌های اجرایی و توسعه‌ای استان ضروری است. (۳) فناوری‌های نوین: به‌کارگیری فناوری‌های جدید در حفاظت، اطفاء حریق، و مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی به‌ویژه در عرصه‌های بیابانی. (۴) احیاء جنگل‌ها: احیاء جنگل‌های تخریب‌شده و توسعه جنگل‌کاری در مناطق مستعد.

۵) توسعه فضای سبز: گسترش فضای سبز و درختکاری به‌ویژه در اطراف شهرها و مناطق بحرانی. ۶) مدیریت دام: کاهش تعداد دام موجود در مراتع برای جلوگیری از چرای مفرط و فرسایش. ۷) مدیریت مرتع: توسعه طرح‌های علمی مرتعداری برای بهره‌برداری پایدار و احیاء مراتع. ۸) پرواربندی: توسعه واحدهای پرواربندی برای کاهش فشار دام بر مراتع طبیعی. ۹) بهینه‌سازی کشت دیم: تبدیل زمین‌های دیم کم‌بازده به کاربری‌های مناسب‌تر مثلاً کشت دیم با گونه‌های مقاوم یا جنگل‌کاری. ۱۰) آبخیزداری و اسکان: اجرای طرح‌های مکمل آبخیزداری و اسکان عشایر برای کاهش فشار بر منابع و تثبیت جمعیت. ۱۱) شناسایی رخساره‌ها: مطالعه و شناسایی رخساره‌های ژئومورفولوژیک (اشکال زمین‌شناسی) بیابانی استان. ۱۲) بررسی قابلیت‌ها: تعیین محدودیت‌ها و قابلیت‌های هر رخساره برای برنامه‌ریزی دقیق‌تر. ۱۳) برنامه زمان‌بندی: تهیه برنامه زمان‌بندی بلندمدت برای اجرای پروژه‌های بیابان‌زدایی در هر رخساره. ۱۴) قانون‌های بحرانی: شناسایی دقیق قانون‌های بحرانی و اولویت‌دار فرسایش بادی. ۱۵) طرح مدیریت بیابان: تهیه طرح جامع مدیریت مناطق بیابانی با توجه به شرایط خاص هر منطقه. ۱۶) شناسایی منابع: شناسایی وضعیت استعدادهای منابع طبیعی و تهیه نقشه پوشش گیاهی به‌روز کشور و استان. ۱۷) برنامه اقدام ملی: مطالعه و تدوین برنامه اقدام ملی بیابان‌زدایی و اجرای پیوسته آن در استان کرمان. ۱۸) نهال‌کاری متمرکز: توسعه نهال‌کاری در مناطق بحرانی و مستعد مانند بم، دهبکری، نهالستان کرمان (جاده چوپار)، جیرفت و کهنوج. ۱۹) جنگل‌کاری بذری: جنگل‌کاری با استفاده از بذر گونه‌های جنگلی مقاوم به خشکی و شوری (مانند آلوک، ارچن). ۲۰) جنگل‌کاری نهالی: توسعه درختکاری با استفاده از نهال‌های سازگار مانند بنه و بادام. ۲۱) تثبیت‌کننده‌های نوین: استفاده از مالچ‌ها (پوشش‌های خاک) و مواد پلیمری دوستدار محیط زیست برای تثبیت شن‌های روان در قانون‌های بحرانی.

## نتیجه‌گیری

استان کرمان به دلیل کم بودن نزولات جوی و بالا بودن میزان تبخیر جز مناطق خشک ایران است. از سوی دیگر کشت محصولات مهم کشور مانند پسته، مرکبات، خرما و همچنین وجود معادن مس، آهن و زغال سنگ موجبات بهره‌برداری بیش از حد از سفره آبهای زیرزمینی را فراهم کرده است. بطوریکه آب‌های زیرزمینی بعضی از مناطق با افت شدید مواجه شده‌اند و شدت این افت به حدی است که برخی از دشت‌ها قادر به تامین آب شرب مورد نیاز منطقه هم نیستند. برداشت بیش از توان سفره‌ها متأسفانه باعث شوری آب بعضی از مناطق نیز شده است. ۳۴ درصد وسعت استان کرمان به عنوان بزرگترین استان کشور بیابان است و تنها ۷/۵ درصد جنگل است که بخشی از آن دست کاشت است این استان از گذشته، دارای بیابان‌هایی با طوفان‌های شن و فرسایش بادی و خاکی بسیاری بوده است. این مشکلات از دیر زمان گریبانگیر مردمان این مناطق می‌باشد. بنابراین آثار و نشانه‌هایی از دیرباز از تمدن آبی و خاکی در این مناطق مشاهده می‌شود که برای تهیه و نگهداری آب و مقابله با خشکی در این مناطق کویری تلاش و همت زیادی می‌طلبید. از جمله موارد حفاظت خاک استان و مبارزه با فرسایش بادی و خاکی استان، استفاده از جنگل‌های گز و تاغ در مناطق کویری بوده است. این جنگل‌ها نقش بسیار مهمی در جلوگیری حرکت شن‌های روان در این مناطق دارند و همچون سدی در مقابل طوفان‌های شدید این منطقه ایستاده‌اند. درختان فهرج مانند پلی مانع از تخریب شدگی حاصل از فرسایش بادی منطقه می‌شوند و در واقع روشی سنتی و بیولوژیک برای جلوگیری از فرسایش بادی و خاکی منطقه هستند و که از دیرباز تا کنون تاثیر بسزایی بر روند کاهش فرسایش بادی و خاکی منطقه دارند. منطقه‌ای که در سالیان گذشته در اثر طوفان‌های شن، حیات و زندگی را از ساکنان می‌گرفت و روستا در شن فرو می‌رفت. اکنون به خاطر وجود جنگل‌های گز و تاغ به منطقه‌ای گردشگری تبدیل شده است. علیرغم فعالیت‌های چشمگیری که در زمینه بیابان‌زدایی در استان کرمان صورت گرفته است ولی بدلیل وسعت زیاد اراضی بیابانی و حجم بالای کار باقیمانده نیاز به توجه بیشتر مسئولین استان و اختصاص اعتبار ویژه به منظور سرعت بخشیدن به فعالیت‌های بیابان‌زدایی در جهت کوتاه کردن زمان اجرای پروژه‌ها و اثر بخش نمودن آن‌ها می‌باشد که در صورت تحقق این امر از خسارات هنگفتی که به زیرساخت‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان در اثر هجوم شن‌های روان وارد می‌شود جلوگیری به‌عمل خواهد آمد و رونق اقتصادی منطقه بیشتر خواهد شد. نتایج تحقیق منجر به شناسایی ۲۱ روش سنتی و نوین حفاظت خاک شد که این راهکارها نیازمند رویکردی یکپارچه، مشارکت همه ذی‌نفعان، تخصیص بودجه کافی و نظارت مستمر بر اجرا هستند. ترکیب دانش بومی، علم روز و فناوری‌های نوین به‌ویژه در تثبیت شن و شناسایی قانون‌ها و تمرکز بر مدیریت پایدار منابع (آب، خاک، پوشش گیاهی، دام) کلید موفقیت در کاهش فرسایش و احیای اکوسیستم‌های حساس استان کرمان است. ضمناً از بین ۲۱ روش سنتی و نوین حفاظت خاک، روش‌های مدیریت علل تخریب، فناوری‌های نوین، آبخیزداری و طرح مدیریت بیابان از مهمترین روش‌ها می‌باشند که نیاز به توسعه بیشتری دارند.

## REFERENCE

- Brevik, E. C., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J. N0 Six, J. and Van Oost, K. 2015. The interdisciplinary nature of Soil0 Soil, 1(1): 117-129.
- Chen, J., Xiao, H., Li, Z., Liu, C., Wang, D., Wang, L., & Tang, C. 2019. Threshold effects of vegetation coverage on soil erosion control in small watersheds of the red soil hilly region in China. *Ecological Engineering*, 132:109-114.
- Churchman, J.G. and E.R. Landa. 2014. *The Soil Underfoot: Infinite Possibilities for a Finite Resource*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Frac M., Lipiec J., Usowicz B., Oszust K., and Brzezinska M. 2017. Microbial and physical properties as indicators of sandy soil quality under cropland and grassland. In EGU General Assembly Conference Abstracts 19: 95-95.
- Haj Seyed Alikhani, N., Abkar, A., Soleimani, F., Arab Khedri, M., Madanchi, P., 2023. Report on the Study of Traditional Methods of Water and Soil Conservation, Soil and Water Conservation Research Institute, 89 pages.
- Kukul S., and Aggarwal G. 2002. Percolation losses of water in relation to puddling intensity and depth in a sandy loam rice (*Oryza sativa*) field. *Agricultural Water Management* 57(1): 49-59.
- Lambin E.F. 1997. Modelling and monitoring land cover change processes in tropical regions. *Progress in physical Geography*, 21(3):375-393.
- Parras-Alcántara, L., Martín-Carrillo, M., and Lozano-García, B. 2013. Impacts of land use change in soil carbon and nitrogen in a Mediterranean agricultural area (Southern Spain). *Solid Earth*, 4 (1): 0167-177.
- Roghani, M. Shahini, G. Nekouyi Mehr, M. and Ghyasi, N. 2012. The role of rainwater harvesting systems in reducing the effects of drought on rainfed orchards in sloped lands and Dry farming. First National Conference on Rainwater Harvesting Systems, Mashhad.
- Tekwa, I.J., Belel, M.D. and Alhassan, A.B. 2010. The effectiveness of indigenous soil conservation techniques on sustainable crop production. *Australian Journal of Agricultural Engineering*. 1(3): 74-79.
- Thomas, J., Joseph, S., & Thrivikramji, K. P. 2018. Assessment of soil erosion in a tropical mountain river basin of the southern Western Ghats, India using RUSLE and GIS. *Geoscience Frontiers*, 9(3):893-906.
- Wall D.H., Ritz K., Six J., Strong D.R., and van der Putten W.H. 2012. *Soil ecology and ecosystem services*. Oxford University Press.