



توصیه‌های علمی و کم‌هزینه برای مهار فرسایش خندقی در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس

سید مسعود سلیمان‌پور^{۱*}، امید رحمتی^۲، صمد شادفر^۳

^{۱*} - دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. رایانامه: m.soleimanpour@areeo.ac.ir | کد ارکید: 0000-0002-7389-6448

^۲ - استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

^۳ - دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۸

چکیده

یکی از مهم‌ترین انواع فرسایش آبی، فرسایش خندقی است. این نوع فرسایش، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک سبب ایجاد خسارت‌های فراوان و تخریب اراضی می‌شود و حجم قابل توجهی از رسوبات را به‌دنبال دارد. در کشور ما، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس این نوع فرسایش به‌کرات اتفاق می‌افتد. تشکیل خندق‌ها عمدتاً ناشی از انحلال املاح موجود در خاک، توسط آب است و در برخی مناطق در اثر بارندگی‌های شدید و ناگهانی و طغیان‌های سیلابی به وجود می‌آیند. بنابراین با توجه به اهمیت فرسایش خندقی، پژوهش حاضر اقدام به آشنایی با این نوع فرسایش و ارائه توصیه‌های عملی و کم‌هزینه به‌منظور مهار آن کرده است تا با اتخاذ این راهکارها، شاهد کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب ناشی از آن باشیم. خندق‌ها را می‌توان با روش‌های بیولوژیک (استفاده از پوشش گیاهی)، روش‌های مکانیکی یا سازه‌ای (احداث بند)، یا روش‌های ترکیبی (استفاده هم‌زمان از پوشش گیاهی و سازه) مهار کرد. برای این منظور بایستی اقدام‌های مهار را از قسمت پیشانی یا سر خندق شروع کرد. توصیه آن است در مرحله اول روش بیولوژیک و استفاده از پوشش گیاهی (ترجیحاً بومی و سازگار با شرایط منطقه) مورد توجه قرار گیرد و در مرحله بعدی اقدامات بیومکانیک (تلفیقی) و در صورت شرایط اضطراری، اقدامات سازه‌ای (عملیات مکانیکی) انجام شود.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، تخریب اراضی، فرسایش خندقی، مهار، هدررفت خاک.

بیان مسئله

یکی از مهم‌ترین انواع فرسایش آبی، فرسایش خندقی (Gully Erosion) است. این نوع فرسایش، با نام‌های آب‌کندی و گودالی نیز مشهور است. این فرسایش به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و در مواردی که بهره‌برداری از منابع آب و خاک، مبتنی بر اصول صحیح و متناسب با توان طبیعی و شرایط محیطی نباشد سبب ایجاد خسارت‌های فراوان و تخریب اراضی می‌شود

(Soleimanpour et al., 2021) و با جاری شدن رواناب و سیل، حجم قابل توجهی از رسوبات را به‌دنبال دارد که این موارد باعث غیرقابل استفاده شدن اراضی می‌شود (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). در کشور ما نیز این نوع فرسایش به‌وفور اتفاق می‌افتد و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس شاهد این نوع فرسایش هستیم (شکل ۱).



شکل ۱- فرسایش خندقی در حوزه آبخیز ماهورمیلانی واقع در شهرستان ممسنی استان فارس (سلیمان‌پور، ۱۳۹۱)

فرسایش خندقی در ایران، عمدتاً در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد و اطراف اراضی زراعی و عمدتاً در دیمزارها ایجاد می‌شوند (Soufi et al., 2020). تشکیل خندق‌ها عمدتاً ناشی از انحلال املاح موجود در خاک، توسط آب است (احمدی، ۱۳۹۱). همچنین تشکیل خندق‌ها در اثر بارندگی‌های شدید و طغیان‌های سیلابی که اغلب به‌صورت ناگهانی در اراضی زراعی و غیرزراعی (اراضی مرتعی، جنگلی و اراضی رهاشده) روی می‌دهد و به تدریج بر حجم و سرعت آب و در نتیجه بر قدرت فرساینده‌گی آن افزوده می‌شود (رفاهی، ۱۳۹۶) و لازم است جریان آب در خندق‌ها مهار شود. با عنایت به موارد فوق‌الذکر و نظر به اهمیت فرسایش خندقی، پژوهش حاضر اقدام به آشنایی با این نوع فرسایش و معرفی راهکارهای مهار آن کرده است، تا با انجام این راهکارها، شاهد کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب ناشی از آن باشیم.

دستاوردها

خندق‌ها را می‌توان با استفاده از پوشش گیاهی (روش‌های بیولوژیک)، یا احداث بند (روش‌های مکانیکی یا سازه‌ای)، یا ترکیب آن‌ها مهار کرد.

۱- مهار خندق با استفاده از پوشش گیاهی

با استفاده از گیاهان بومی، سازگار و مقاوم به شرایط طبیعی منطقه می‌توان به مهار و کاهش فرسایش خندقی کمک کرد. باید در نظر داشت که برای استقرار پوشش گیاهی در خندق‌ها مشکلاتی وجود دارد زیرا شرایط محیط، غالباً نامناسب است. برای برطرف کردن این مشکلات باید اولاً گیاهان مناسب را انتخاب کرد و ثانیاً روش‌های ویژه‌ای برای کاشت آن‌ها به کار برد. در انتخاب گونه‌های مناسب برای مهار خندق‌ها باید عوامل زیر را در نظر گرفت.

گونه‌ها باید:

الف- با شرایط آب و هوایی منطقه سازگاری داشته باشند.

ب- نسبت به فرسایش خاک مقاومت داشته باشند.

پ- با شرایط خاک سازگاری داشته باشند.

ت- طوری انتخاب شوند که سیستم ریشه‌ای گیاهان در مقابل فرسایش آبی مقاومت داشته باشند.

ث- اندام‌های هوایی گیاهانی که جهت حفاظت کناره‌ها کاشته می‌شوند، باید کاملاً متراکم باشند تا جلو سرعت و انرژی آب را بگیرند.

به منظور برطرف کردن شرایط نامساعد استقرار پوشش گیاهی باید علاوه بر انتخاب گیاه مناسب، از روش‌های ویژه کشت استفاده کرد. درواقع برای این که گیاهان در خندق‌ها به خوبی رشد کنند بهتر است گیاهان را به صورت نشاء در کف و دیواره‌های خندق کشت کرد تا گیاهان مراحل اولیه رشد خود را در شرایط بهتری بگذرانند (شکل ۲). باید توجه داشت که کشت گیاهان در روی دیواره‌های خندق بسیار دشوارتر از کف آن است. زیرا شیب آن‌ها خیلی تند بوده و خاک آن بی‌ثبات و فرسایش‌پذیر است. برای کشت گیاهان در دیواره‌های خندق معمولاً دیواره‌ها را صاف کرده و به آن‌ها شیب ملایمی می‌دهند (رفاهی، ۱۳۹۶).



شکل ۲- مهار خندق با استفاده از پوشش گیاهی در عرصه‌های طبیعی (Addis et al., 2015)

۲- مهار خندق با استفاده از بند

در این خصوص، حفاظت دیواره‌های خندق، به‌ویژه در قسمت پایین‌دست بند ضروری است؛ زیرا جریان‌های متلاطم به وجود آمده در خلاف جهت حرکت اصلی آب در مجاورت بند می‌توانند موجب شسته شدن دیواره‌های خندق شوند. در اثر شسته شدن دیواره‌ها ممکن است شکافی بین بند و دیواره‌ها به وجود آید و سبب تخریب بند شود. به این منظور، برای حفاظت دیواره‌ها می‌توان از مصالح ساختمانی (شکل ۳) و یا از قطعات درشت سنگ استفاده کرد. در مواردی که در منطقه، سنگ درشت وجود نداشته باشد می‌توان سنگ‌های ریز را در توری‌های سیمی قرار داد (شکل ۳) و مجموعه را به وسیله تیرهای فولادی در دیواره خندق مهار کرد. بنابراین باید به این نکته توجه داشت که در مهار خندق، باید هم بستر و دیواره‌های خندق و هم رأس خندق را تثبیت کرد (سلیمان-پور، ۱۳۹۱).



شکل ۳- مهار خندق به وسیله بند در عرصه‌های طبیعی (Liu et al., 2019)

۳- مهار خندق با استفاده از روش ترکیبی

در مواردی که به دلیل نامناسب بودن شرایط محیطی، پوشش گیاهی نمی‌تواند به تنهایی رشد کند، یا در نقاط بحرانی که پوشش گیاهی به تنهایی برای مهار خندق کافی نیست، با استفاده از روش ترکیبی، اقدام به مهار خندق می‌کنند. به این صورت که همزمان با احداث بند درون خندق، نسبت به کاشت و استقرار پوشش گیاهی در پیشانی، دیواره‌ها و کف خندق نیز اقدام می‌شود (شکل ۴). از محاسن این روش آن است که احداث بند، نقش حمایتی برای تثبیت و رشد گیاهان کاشته شده ایفا می‌کند و به همین سبب، پوشش گیاهی فرصت مناسب برای استقرار کامل در عرصه دارد.



شکل ۴- مهار خندق با استفاده از روش ترکیبی در عرصه‌های طبیعی (Liu et al., 2019 & Addis et al., 2015)

به منظور مبارزه اصولی با فرسایش خندقی، با توجه به ساختار زمین‌شناسی مناطق مستعد ایجاد خندق که غالباً از رس، مارن و املاح تشکیل شده‌اند، اجرای سازه‌های محافظ به تنهایی ممکن است به دلیل ناپایداری پی‌سازه، یا ایجاد حفره‌های جانبی منجر به تخریب سازه شود. علاوه بر این که این مورد هزینه‌بر نیز است. بنابراین توصیه می‌شود از تلفیق روش‌های بیولوژیکی (استفاده از پوشش گیاهی) و سازه‌ای به صورت هم‌زمان استفاده شود و یا در شرایط خاص صرفاً از روش‌های فیزیکی مانند: احداث سدهای فلزی سبک، بندهای گابیونی و سدهای سنگ‌چین (ملات‌دار یا خشکه‌چین) بهره گرفته شود. همچنین باید از هرگونه اقدام سازه‌ای در دامنه‌هایی که خاک آن‌ها ناپایدار و سست است، پرهیز کرد و تنها به اجرای روش‌های بیولوژیکی نظیر بذریاشی دیواره‌های خندق و قرق اراضی بالادست اکتفا کرد (سلیمان‌پور، ۱۳۹۱).

در خندق دو نوع فرسایش اتفاق می‌افتد که عبارت‌اند از: کنده شدن بستر و دیواره‌های خندق که به عمیق‌تر و عریض‌تر شدن خندق منجر می‌شود و کنده شدن پیشانی یا سر خندق (Headcut) که به گسترش خندق به طرف بالادست منتهی خواهد شد. در نتیجه یکی از مهم‌ترین و اصولی‌ترین اقدام‌ها به‌منظور مهار فرسایش خندقی و کاهش میزان رسوب تولیدی، تثبیت سر خندق، به‌منظور جلوگیری از بزرگ شدن خندق در اثر سرعت زیاد آب (به‌ویژه افزایش طول خندق) است. بنابراین به‌منظور مبارزه و مهار این نوع فرسایش، بایستی اقدام‌های مهار و تثبیت را از قسمت پیشانی یا سر خندق شروع کرد (سلیمان‌پور، ۱۳۹۱). همچنین باید توجه داشت هنگامی که خندقی فعال است و پیشانی آن مرتباً در حال پیشروی است (شکل ۵)، باید پیش از آن که به اراضی زراعی، مسکونی، جاده، پل، تأسیسات و ... خسارت وارد کند، جلوی آن گرفته شود. در این خصوص لازم است در اراضی کشاورزی نسبت به اصلاح مسیر زهکش‌ها به‌منظور جلوگیری از متمرکز شدن رواناب در محل پیشانی خندق‌ها اقدام کرد.



شکل ۵- پیشانی خندق‌ها در حوزه آبخیز ماهورمیلاتی واقع در شهرستان ممسنی استان فارس (سلیمان‌پور، ۱۳۹۱)

جمع‌بندی و توصیه‌های ترویجی

در تمام برنامه‌های حفاظت خاک، باید در مرحله اول روش بیولوژیکی و استفاده از پوشش گیاهی ترجیحاً بومی و سازگار با شرایط منطقه مورد نظر و توجه قرار گیرد و در مرحله بعدی اقدامات بیومکانیکی (تلفیقی) و در صورت لزوم، اقدامات سازه‌ای و عملیات مکانیکی را انجام داد. زیرا روش بیولوژی و استقرار پوشش گیاهی، روشی دائمی است و روش مکانیکی، روشی موقت به‌منظور کمک به استقرار پوشش گیاهی است. همچنین باید توجه داشت که مهار و احیای خندق‌ها به‌وسیله استقرار پوشش گیاهی بر احداث بند ترجیح داده می‌شود. بندها که از سیمان، مصالح ساختمانی، چوب و سایر مواد ساخته می‌شوند، در معرض پوسیدگی و فرسودگی قرار دارند و به‌مرور زمان تأثیر آنها کاهش می‌یابد؛ درحالی‌که گیاهان کشت‌شده در خندق، به‌مرور زمان تکثیر یافته و مقاوم‌تر می‌شوند. افزون بر این، طراحی و ساخت بندها به تخصص و مهارت‌های مختلفی نیاز دارد و هزینه احداث آنها نیز معمولاً زیاد است.

با عنایت به موارد فوق‌الذکر، توصیه‌های ترویجی زیر ارائه می‌شود:

- ۱- توصیه می‌شود در صورت مساعد بودن شرایط طبیعی (آب، هوا و خاک و ...) با استفاده از پوشش گیاهی سازگار و بومی، اقدام به مهار فرسایش خندقی شود.

- ۲- نظر به اهمیت اراضی کشاورزی و ضرورت حفاظت از آن‌ها، نسبت به اصلاح مسیر زهکش‌ها به‌منظور جلوگیری از متمرکز شدن رواناب در محل پیشانی خندقی‌ها اقدام شود.
- ۳- در مواردی که به‌دلیل نامناسب بودن شرایط محیطی، پوشش گیاهی به تنهایی قادر به رشد و تجدید حیات نباشد؛ توصیه می‌شود به‌منظور مهار فرسایش خندقی، استفاده از روش ترکیبی، در دستور کار قرار گیرد.
- ۴- در صورتی که وضعیت منطقه از نظر مقادیر فرسایش خاک و تولید رسوب، در حالت بحرانی باشد، به‌ناچار و با توجه به شرایط حاکم، استفاده از روش مکانیکی (احداث بند) اجتناب‌ناپذیر است. این اقدام به منظور کاهش فرسایش، هدررفت خاک و مقادیر رسوب انجام می‌شود؛ سپس پس از بهبود شرایط، نسبت به اقدامات تلفیقی و بیولوژیکی اقدام می‌شود.
- ۵- توصیه می‌شود به عنوان نمونه و پایلوت و در قالب ایجاد سایت‌های الگویی، نسبت به مهار فرسایش خندقی در مناطق مختلف کشور اقدام شود تا بتوان نتایج آن را در سایر مناطق نیز ترویج کرد.
- ۶- به‌منظور اثربخشی اقدامات مهار فرسایش خندقی، توصیه می‌شود نسبت به استفاده از ظرفیت جوامع محلی و سازمان‌های مردم‌نهاد اقدام شود.

فهرست منابع

- احمدی، ح.، ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، چاپ هشتم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۶۸۸ صفحه.
- رفاهی، ح.ق.، ۱۳۹۶. فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۶۷۲ صفحه.
- سلیمان‌پور، س.م.، ۱۳۹۱. بررسی و مقایسه آستانه‌های کنترل‌کننده فرسایش خندقی در اقلیم‌های مختلف استان فارس. رساله دکتری تخصصی در رشته علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ۵۹۴ صفحه.
- سلیمان‌پور، س.م.، صوفی، م.، روستا، م.ج.، شادفر، ص.، جوکار، ل. و کشاورزی، ح.، ۱۳۹۷. بررسی میزان تأثیر عوامل مؤثر بر گسترش فرسایش آب‌کندی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ۵۹ صفحه.
- Addis, H.K., Adugna, B., Gebretsadik, M. & Ayalew, B., 2015. Gully morphology and rehabilitation measures in different agroecological environments of Northwestern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, (1): 789479.
- Liu, X., Li, H., Zhang, S., Cruse, R.M. & Zhang, X., 2019. Gully Erosion Control Practices in Northeast China: A Review. *Sustainability*, 11(18): 5065.
- Soleimanpour, S.M., Pourghasemi, H.R. & Zare, M., 2021. A comparative assessment of gully erosion spatial predictive modeling using statistical and machine learning models. *Catena*, 207(6): 105679.
- Soufi, M., Bayat, R. & Charkhabi, A., 2020. Gully erosion in I. R. Iran: characteristics, processes, causes, and land use. In book: *Gully Erosion Studies from India and Surrounding Regions*, 112: 357-368.



Scientific and low-cost recommendations for controlling gully erosion in Iran's arid and semi-arid regions of Zagros

Seyed Masoud Soleimanpour^{1*}, Omid Rahmati², Samad Shadfar³

^{1*}-Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email: m.soleimanpour@areeo.ac.ir | ORCID ID: 0000-0002-7389-6448

²- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran

³- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 28/April/2026 Revised: 17/May/2026 Accepted: 20/May/2026

Abstract

One of the most important types of water erosion is gully erosion. This type of erosion, especially in arid and semi-arid regions, causes extensive damage and land degradation and results in a significant volume of sediments. In our country, especially in the arid and semi-arid regions of Zagros, this type of erosion occurs frequently. The formation of gullies is mainly due to the dissolution of salts in the soil by water, and in some areas they occur as a result of heavy and sudden rainfall and flash floods. Therefore, given the importance of gully erosion, the present study has attempted to familiarize ourselves with this type of erosion and provide practical and low-cost recommendations for its control, so that by adopting these solutions, we can witness a reduction in soil erosion and the resulting sediment production. Gullies can be controlled by biological methods (using vegetation cover), mechanical or structural methods (building a dam), or combined methods (Simultaneous use of vegetation and structures). For this purpose, control measures should be started from the front or head of the gully. It is recommended that in the first stage, biological methods and the use of vegetation cover (preferably native and compatible with the conditions of the region) be considered, and in the next stage, biomechanical measures (combined) and, in case of emergency, structural measures (mechanical operations) should be carried out.

Keywords: Control, gully erosion, land degradation, soil loss, watershed management.