


محمدصادق رهبانی

دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

 rohbani.mohammad@ut.ac.ir



بررسی فرسایش آبی و راهکارهای مقابله با آن

چکیده

فرسایش آبی یکی از مشکلات جدی در حوزه محیط‌زیست است که به علت تأثیرات منفی بر روی خاک، منابع آب و نظام های اکولوژیک، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. در این مقاله، انواع فرسایش آبی و راهکارهای مقابله با آن بررسی شده است. در قسمت اول مقاله، به تعریف و شناسایی انواع فرسایش آبی پرداخته شده است. علاوه بر این، عوامل مؤثر در هر نوع فرسایش نظیر باران‌زائد، شدت جاری آب، شدت باد نیز مورد توجه قرار گرفته است. در قسمت دوم، راهکارهای مقابله با فرسایش آبی بررسی شده است. این راهکارها شامل تغییر روش‌های کشاورزی، مدیریت منابع آب، تکنولوژی‌های جدید و اصلاحات خاک است. به عنوان مثال، کشاورزان می‌توانند با استفاده از روش‌های نگهداری خاک مانند کشت مستقیم و چرخش محصولات، فرسایش آبی را به حداقل برسانند. همچنین، ساماندهی منابع آب و استفاده بهینه از آب در سطح شهرستان‌ها و مناطق روستایی نقش مؤثری در کنترل فرسایش آبی دارد. با توجه به این مقاله، فرسایش آبی از چالش‌های بسیار جدی در حوزه منابع طبیعی و محیط‌زیست محسوب می‌شود و پاسخگو بودن به آن نیازمند تلاش همگان است. با اجرای راهکارهای مناسب می‌توان در کاهش فرسایش آبی و حفظ منابع طبیعی گام برداشت.

کلمات کلیدی:

فرسایش، فرسایش آبی، فرسایش خاک.

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشوری است. امروزه فرسایش خاک بعنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به شمار می‌آید. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی‌شود خاک‌ها به تدریج فرسایش یافته و حاصلخیزی خود را از دست می‌دهند. فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌گردد و از این راه خسارات زیاد و جبران ناپذیری به جا می‌گذارد؛ بلکه با رسوب مواد در آبراهه‌ها، مخازن، سدها، بنادر و کاهش ظرفیت آبیگری آن‌ها نیز زیان‌های فراوانی را سبب می‌گردد [۳].

بنابراین نباید مساله حفاظت خاک و حراست آن را کوچک و کم اهمیت شمرد. بر حسب قرائن موجود انجام عملیات حفاظت آب و خاک از قرن‌های پیش در جوامع بشری، هر چند به صورت ابتدایی متداول بوده است ولی گسترش آن در قرن حاضر به ویژه در ۴۰-۵۰ سال اخیر رشد بسیاری یافته و در جهان دانش و فناوری، امری معمول است.

پایین بودن میزان تولیدات کشاورزی در ایران در مقایسه با استانداردهای جهانی به میزان زیادی به علت کاهش مداوم حاصلخیزی خاک است. با اجرای صحیح برنامه‌های حفاظت خاک می‌توان متوسط تولید در واحد سطح را افزایش داد. بنابراین یکی از اساسی‌ترین و اصولی‌ترین روش‌های دستیابی به خودکفایی، اجرای برنامه‌های حفاظت آب و خاک است. به کار گرفتن روش‌های حفاظت خاک باید به صورت مشترک و هماهنگ با همکاری و همیاری مردم به اجرا درآید تا از آب و خاک به نحوی مطلوب و بر اساس موازین علمی بهره‌برداری شود. اجرای طرح‌های حفاظت آب و خاک باید متکی به نتایج تحقیقات و بررسی‌های علمی باشد [۱۳].

در سال‌های اخیر روش‌های جدیدی برای کنترل فرسایش در پیش گرفته شده است که با تغییراتی بر حسب شرایط منطقه‌ای در طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی می‌تواند به مورد اجرا گذاشته شود.

فرسایش خاک و دامنه گسترش آن

یکی از مشکلاتی که بشر از آغاز زراعت بر روی زمین با آن مواجه بوده است، فرسایش سریع خاک‌ها توسط باد و آب است. هر چند امروزه با این مساله نسبت به روزهای وقوع طوفان‌های شن در آمریکا (که در سال ۱۹۳۰ اتفاق افتاد) کمتر احساسی برخورد می‌شود، ولی باز هم از اهمیت آن کاسته نشده است. فرسایش خاک هنوز هم در آمریکا و بسیاری از مناطق حاره‌ای و نیمه‌خشک دنیا از معضلات اصلی به شمار می‌رود و در کشورهایی که آب و هوای معتدلی دارند (از جمله انگلستان، بلژیک و آلمان) به عنوان یکی از مسائل خطرناک تلقی می‌شود [۳].

این مشکل در ایران که بخش وسیع از آن را کویرها در بر گرفته‌اند و خاک از پوشش مناسبی برخوردار نیست بسیار بارز و چشمگیر است. جلوگیری از فرسایش خاک که در واقع معنی آن کاهش میزان تلفات خاک است، به حدی که سرعت فرسایش تقریباً برابر سرعت طبیعی تلفات خاک گردد، بستگی به انتخاب استراتژی‌های مناسب در حفاظت خاک دارد. این امر مستلزم شناخت تمامی فرایندهای فرسایش است. عواملی که بر میزان فرسایش مؤثرند عبارتند از: بارندگی، رواناب، باد، خاک، شیب، پوشش گیاهی، وجود یا عدم وجود تمهیدات حفاظتی و چندین عامل دیگر [۱]. (تصویر ۱)



تصویر (۱) تاثیر فرسایش بر اراضی.

انواع فرسایش؛ بر اساس انواع عوامل فرسایشی

در طبیعت دو نیرو، یا دو عامل وجود دارد که باعث جابجایی خاک یا به عبارت دیگر فرسایش خاک می‌شود: آب و باد. یکی از مهم‌ترین فرایندهای طبیعی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و فرا خشک فرسایش بادی است. این فرایند در شرایطی رخ می‌دهد که علاوه بر وجود خاک حساس، باد دارای حاکمیت و سرعت قابل توجه باشد. انتقال ذرات خاک به صورت‌های مختلف معلق، جهشی و خزشی انجام می‌گیرد و باعث خسارت‌های جدی به محیط‌زیست می‌شود [۹].

انواع فرسایش؛ بر اساس رفتار طبیعت و دخالت انسان

فرسایش طبیعی، که فرسایش عادی هم نامیده می‌شود، پیوسته در طبیعت بوسیله آب یا باد صورت گرفته و می‌گیرد. نتیجه قوه ثقل، سرازیری دامنه‌ها، جریان آب سطحی روی زمین، وجود نه‌رها، رودها، یخچال‌ها و غیره است. عمل این نوع فرسایش کند و هماهنگ با تولید خاک است؛ بدین معنی که از یک طرف خاک تشکیل می‌شود و از طرف دیگر امکان دارد فرسایش یابد. عوامل طبیعی مؤثر در فرسایش سبب فرسایش یافتن قله مرتفع و کاهش ارتفاع آن‌ها و همچنین پرکردن دره‌ها و چاله‌ها می‌شود که نتیجه آن صاف و هموار شدن سطح زمین است [۷].

در این نقل و انتقال خاک، در صورتی که عمل خاکسازی بیش از فرسایش باشد، موجب افزوده شدن و گسترش خاک‌ها می‌شود، اگر متعادل باشد، یک هماهنگی بین فرسایش و خاکسازی بوجود می‌آید ولی چنانچه تخریب سریع، شدید و عمل خاکسازی ضعیف باشد، تعادل طبیعی بر هم می‌خورد.

در چنین وضعی که زمین به شدت فرسایش می‌یابد سنگ‌های مادر ظاهر می‌گردد و چهره زمین به صورت لخت و بایر در



می‌آید. مبارزه با این فرسایش بسیار مشکل است و در بسیاری از موارد غیر ممکن است. فرسایش سریع یا مخرب همان‌طور که ذکر شد نتیجه تاثیر اعمال بشر است [۱۲]. (تصویر ۲)



تصویر ۲) تاثیر فرسایش بر جنگل.

مراحل فرسایش؛ مرحله کنده‌شدن خاک

فرسایش چه توسط باد صورت گیرد چه توسط آب، خواه عادی باشد خواه سریع، دارای سه مرحله است: مرحله کنده‌شدن خاک، مرحله انتقال خاک و مرحله انباشته شدن و تجمع خاک. در این مرحله، ابتدا خاکدانه‌ها بر اثر از بین رفتن هوموس و کلوئیدهای خاک، چسبندگی خود را از دست می‌دهند و از هم می‌پاشند. در نتیجه خاک آماده فرسایش می‌شود. در چنین وضعی، خاک سطح الارض که حاصل‌خیزترین قسمت خاک است، به طور ناگهانی یا به تدریج بوسیله آب یا باد از جای خود کنده می‌شود [۱۴].

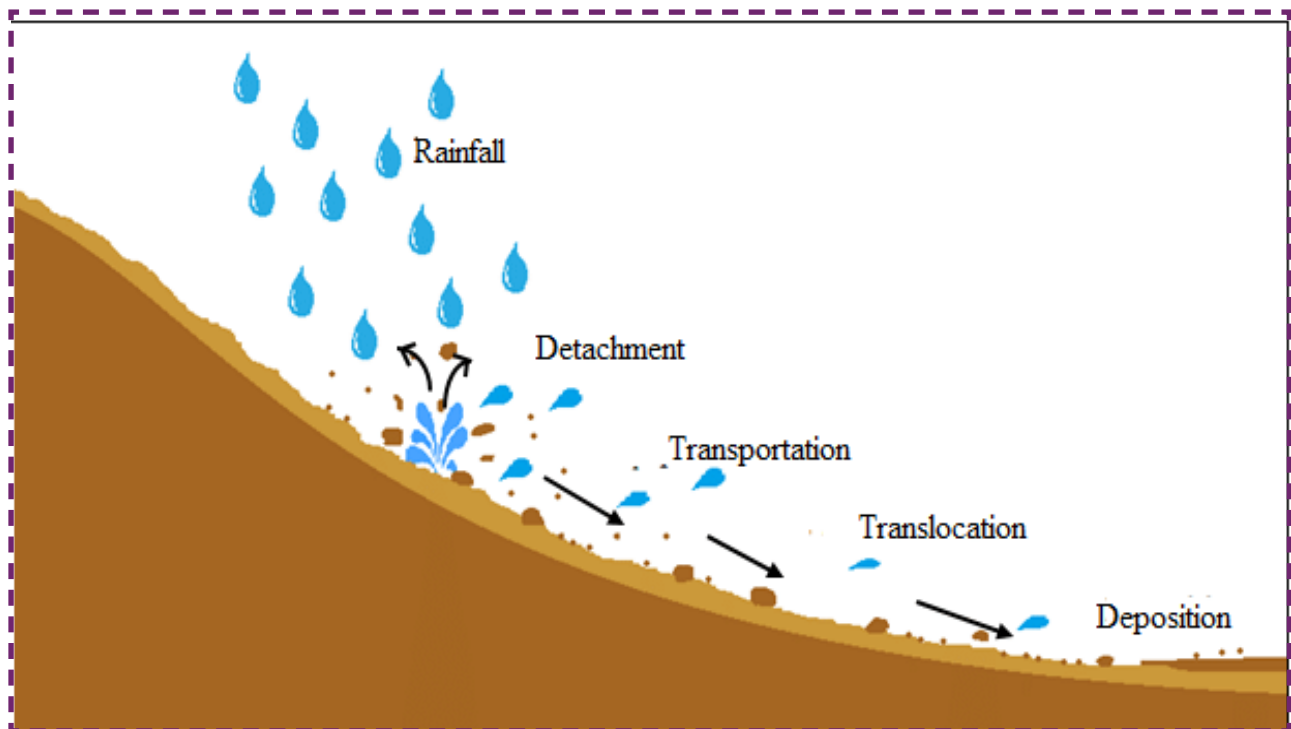
مراحل فرسایش؛ مرحله حمل یا انتقال خاک به وسیله آب یا باد

چون ذرات خاک چسبندگی خود را از دست داده‌اند، نمی‌توانند در مقابل جریان‌های شدید آب‌ها یا بادهای تند مقاومت کنند، در نتیجه از جای خود کنده می‌شوند و به نقطه دیگر منتقل می‌گردند. در مورد فرسایش آبی معمولاً مواد از منطقه مرتفع‌تر به محل پست‌تر منتقل می‌گردند. مسافتی را که آب یا باد مواد را با خود می‌برد به عوامل مختلفی بستگی دارد، از آن جمله می‌توان در مورد آب، شدت آب، شیب زمین، ریز و درشتی آبرفت‌ها (شن، رس و غیره) و در مورد فرسایش بادی شدت باد، قطر بادرفتها و همچنین مسطح و وسیع بودن جلگه‌ها و دشت‌ها را نام برد.

مراحل فرسایش؛ مرحله تجمع و انباشته شدن مواد

بادرفتها (موادی که توسط باد حمل می‌گردند) هر جا به مانعی (گیاه، دیوار، سنگ و غیره) برخورد کنند فوراً بر روی زمین می‌افتند و در آنجا روی هم انباشته می‌شوند. این مواد در شرایط فوق‌العاده تشکیل تپه‌های بزرگ و حتی توده‌های عظیم شنی یا ماسه‌ای شبیه کوه را می‌دهد.

آبرفت‌ها بتدریج که از شدت جریان آب و شیب زمین کاسته می‌شود از حرکت باز می‌مانند و در سطح زمین رسوب می‌کنند (ابتدا ذرات درشت‌تر و بعد ذرات ریزتر). در بعضی موارد تجمع مواد آبرفتی بقدری زیاد است که یک طبقه رسوبی قابل توجهی را تشکیل می‌دهد [۱۴]. (تصویر ۳)



تصویر ۳) مراحل فرسایش.

اهمیت فرسایش آبی

درست است که از خاک‌هایی که در نتیجه فرسایش آبی شدید از نقاط مرتفع‌تر نقاط پست‌تر یا چاله‌ها و پشت سدها منتقل می‌شود، باز زمین به وجود می‌آید و این‌گونه زمین‌ها اغلب امکان دارد زمین‌های رسوبی یا آبرفتی حاصلخیزی باشد (کما اینکه زمین‌های حاصلخیز را در اکثر موارد همین زمین‌های رسوبی یا آبرفتی تشکیل می‌دهد) ولی از آنجا که مقدار زمینی که بر اثر رسوب و تجمع مواد بوجود می‌آید در مقابل سطح‌هایی که خاک آن فرسایش یافته است، ویران می‌شود، تا این رسوبات را بوجود آورد، آنقدر ناچیز و بی‌ارزش است، که به منظور جلوگیری از تخریب و زیان‌های بیشتر و همچنین حفظ تعادل طبیعت باید با اقدامات سریع و جدی تا آنجا که ممکن است مانع از فرسایش خاک شد.

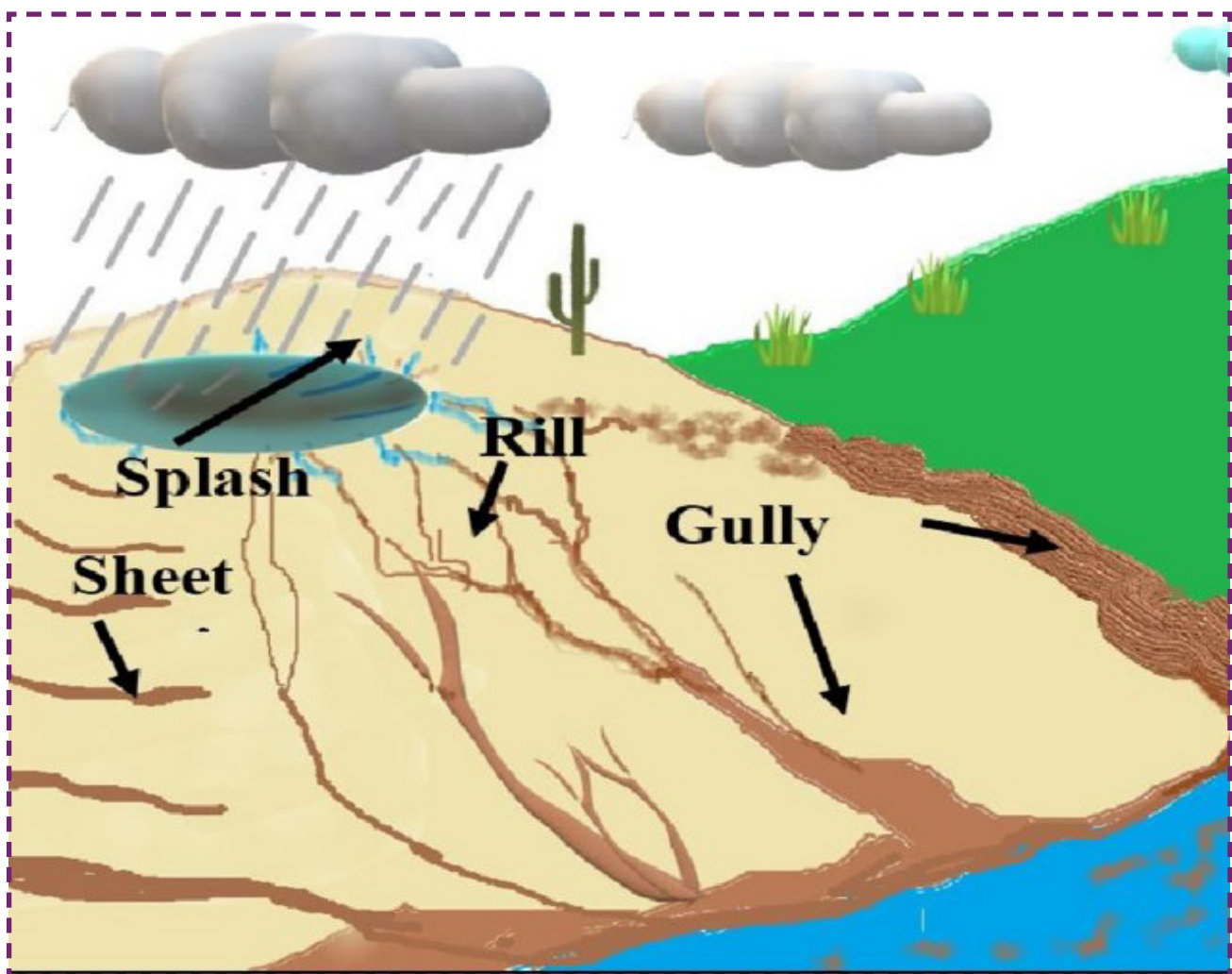
طبق محاسباتی که صورت گرفته است، بطور کلی برای تشکیل یک سانتی‌متر خاک ۵۰۰ تا ۸۰۰ سال زمان لازم است و اگر حساب کنیم که خاک زراعتی ۲۵ سانتی‌متر عمق داشته باشد پس این ضخامت خاک، طی ۲۰ هزار سال، کار مداوم طبیعت بوجود آمده است [۱۰].



فرسایش سطحی یا سفره‌ای

گستره عامل فرسایشی در این فرسایش، در تمام سطح زمین است. این شکل فرسایش بیشتر منشا بادی دارد، ولی طبیعی است که فرسایش آبی نیز ابتدا به طور سطحی اتفاق می‌افتد که به علت فرسایش یکنواخت در تمام سطح کمتر محسوس می‌گردد.

این نوع تخریب با ظهور لکه‌های سفید و روشن در سطح نمودار می‌شود و نشان‌دهنده تخریب و از بین رفتن سطحی‌ترین قسمت زمین، آن هم به صورت لکه‌لکه است. اختلاف رنگ بین قسمت‌های فرسایش یافته و فرسایش نیافته علامت این تخریب است، زیرا قسمت رویی به علت دارا بودن مواد آلی، غالباً تیره رنگ می‌باشد. علامت دیگر این فرسایش وجود ریگ و سنگریزه‌های آزاد در سطح زمین است. در این نقاط باد ذرات ریز را با خود برده و ریگ و سنگریزه در سطح زمین باقی مانده است [۶]. (تصویر ۴)



تصویر ۴) انواع فرسایش آبی.

فرسایش خندقی یا نهری

منشا این فرسایش، آب است. در این فرسایش عمق و عرض زمین‌های فرسایش یافته بیشتر از فرسایش شیاری است. این شکل فرسایش، بر اثر پیشرفت فرسایش شیاری بوجود می‌آید، به این نحو که شیارها به هم می‌پیوندند، در نتیجه زمین بیشتر شسته می‌شود و نهرها یا خندق‌هایی در سطح زمین تشکیل می‌گردد. در این تخریب، سنگ مادر ظاهر می‌شود و آنقدر عمیق و عریض است که گاواهن قادر به عبور از آنها نیست.

این خندق‌ها یا نهرها تدریجا عمیق‌تر می‌شوند. عمق خندق‌ها به یک متر یا بیشتر می‌رسد و بتدریج شکل آنها تغییر می‌کند. این عمل در صخره‌های سست، خاک‌های رسی و رسی آهکی بیشتر دیده می‌شود. این فرسایش اغلب در محدوده آب و هوای خشک و در نواحی که تغییرات درجه حرارت در فصول مختلف در آنجا شدید است ظاهر می‌گردد. البته این شکل تخریب در زمین‌های جنگل‌کاری شده نیز دیده می‌شود و ساختمان زمین‌شناسی خاک هم در این فرسایش بی‌تاثیر نیست. با توسعه خندق‌ها و عریض‌تر شدن آنها، آب علاوه بر خاک سطح‌الارضی، خاک زیری و خاک تحت‌الارضی را نیز از جا می‌کند و با خود می‌برد. فرسایش خندقی علاوه بر ویرانی خاک زراعتی، سبب وارد آمدن خسارات زیادی به راه‌ها، جاده‌ها، خطوط ارتباطی و مجاری آب‌ها و همچنین موجب افزایش هزینه نگهداری تاسیسات مزبور نیز می‌شود. شخم‌زدن شیب‌های تند و چرای بیش از حد و لگدکوب شدن خاک مراتع طبیعی توسط احشام، باعث از بین رفتن پوشش نباتی و کنده شدن خاک و در نتیجه پیدایش آبراهه‌ها و خندق‌ها می‌گردد [۶].

فرسایش شیاری یا آبراهه‌ای

منشا این تخریب اغلب باران است و در پیدایش آن عامل، شیب بسیار موثر می‌باشد. فرسایش شیاری یا آبراهه‌ای، در دامنه کوه‌ها و حتی در سطح زمین‌های کم شیب نیز به سهولت دیده می‌شود. این شکل فرسایش، پیشرفته‌تر از فرسایش سفره‌ای بوده و ممکن است به صورت خطوط موازی نیز ظاهر شود که ابتدا کم عمق است ولی به سرعت عمیق‌تر می‌شود. این شکل فرسایش، تا زمانی که سنگ مادر ظاهر نشده است، به نام فرسایش شیاری خوانده می‌شود [۵]. (تصویر ۵)



تصویر ۵) فرسایش شیاری.



فرسایش سیلابی

فرسایش سیلابی یک تخریب ساده نیست. در مناطق کوهستانی و حتی در زمین‌های سست جلگه‌ای فرسایش شیاری و خندقی ممکن است به فرسایش سیلابی تبدیل گردد. در این فرسایش جریان آب بویژه آب‌های گل‌آلود، حامل ریگ و شن و غیره، موجب شسته شدن اطراف آن و حمل مواد بیشتر با خود می‌گردد.

با این عمل، زمین‌های دیواره بستر، استحکام و قدرت خود را از دست می‌دهد و به تدریج و در مواقع جاری شدن سیلاب‌های شدید حتی به طور ناگهانی ریزش می‌کند و امکان دارد که موجب تخریب و ویرانی مزارع و روستاهایی که در جوار این مسیل‌ها واقع شده‌اند، بشود. با افزایش مواد خاکی در آب، وزن مخصوص آن بیشتر و قدرت و نیروی درهم کوبنده آن زیادتر می‌گردد [۵].

(تصویر ۶)



تصویر ۶) فرسایش سیلابی.

فرسایش تونلی

یکی از جالب‌ترین و نادرترین این فرسایش‌ها، فرسایش تونلی می‌باشد. این فرسایش در ناهمواری‌ها اشکالی را شبیه به لانه روباه به وجود آورده است که به نام اشکال فرسایش تونلی معروف هستند. اشکال فرسایش تونلی مطالعه شده در منطقه ساختاری ساده داشته‌اند و شامل تعدادی حفره یا گودال‌های قیفی شکل با ابعاد گوناگون و یک شبکه زهکشی زیرزمینی بوده‌اند که این شبکه توسط خروجی‌هایی به شبکه زهکشی سطحی متصل است. علیرغم ساختمان فیزیکی ساده این اشکال، مکانیسم تشکیل آن‌ها بسیار پیچیده می‌باشد [۶] (تصویر ۷).



تصویر ۷) فرسایش تونلی.

عملیات حفاظتی

هدف از عملیات حفاظتی خاک آن است که میزان تلفات خاک از حد معینی پایین تر نگه داشته شود، تا امکان بهره‌برداری از زمین به مدت طولانی فراهم گردد. به لحاظ نظری این حد برابر سرعت طبیعی تولید خاک است. به عبارت دیگر عملیات حفاظت خاک باید شرایطی را ایجاد کند که در آن سرعت تشکیل خاک و سرعت فرسایش خاک برابر باشد. یکی دیگر از هدف‌های حفاظت خاک جلوگیری از هدر رفتن مواد غذایی زمین و جلوگیری از آلودگی آب‌ها است. ممانعت از پر شدن سریع مخازن سدها و کانال‌های آبیاری از رسوب نیز از هدف‌های دیگر کنترل فرسایش است. البته فرسایش خاک یک پدیده طبیعی است و جلوگیری از آن امکان‌پذیر نمی‌باشد ولی می‌توان آن را تا حد معینی پایین نگه داشت. تصمیم‌گیری در مورد این که این حد تا چه اندازه باید باشد بستگی به نیازها و هدف‌های پروژه‌های آب‌خیزداری دارد [۱۱] (تصویر ۸).

روش‌های حفاظت خاک

۱. محافظت خاک در مقابل اثر تخریبی قطرات باران.
 ۲. افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک به منظور کاهش رواناب.
 ۳. بهبود بخشیدن به پایداری خاکدانه‌ها.
 ۴. افزایش زبری سطح خاک به منظور کاهش سرعت آب یا باد.
- برای رسیدن به هدف‌های فوق انواع روش‌ها به کار گرفته می‌شود که می‌توان آن‌ها را در سه گروه عملیات زراعی، عملیات مدیریت خاک و عملیات مکانیکی طبقه‌بندی کرد. [۳]





تصویر ۷) فرسایش تونلی.

در روش‌های زراعی یا بیولوژیکی سعی بر این است تا از نقش پوشش گیاهی در جلوگیری از فرسایش برجسته شود. در عملیات مدیریت خاک روش‌هایی دنبال می‌شود تا در اثر اجرای آن‌ها ساختمان خاک بهبود یابد و امکان رشد گیاه به نحوی که منجر به پوشش انبوه گیاه گردد، فراهم آید. روش‌های فیزیکی یا مکانیکی به خصوصیت‌های پستی و بلندی سطح زمین بستگی دارد. مثلاً با احداث تراس و بادشکن از سرعت جریان آب یا باد کاسته می‌شود. بطور خلاصه روش‌های مکانیکی به روش‌هایی گفته می‌شود که به منظور کاهش انرژی موجود برای فرسایش به کار می‌رود. در روش‌های مدیریت خاک مقاومت زمین نسبت به فرسایش افزایش داده می‌شود و در روش‌های زراعی سطح خاک در مقابل فرسایش محافظت می‌شود [۸].

اثر فرسایش بر روی حاصلخیزی

خارج شدن مواد غذایی خاک به وسیله عمل فرسایش و آبدوی؛ یعنی فرسایش و آبدوی با از بین بردن ذرات ریز خاک مواد غذایی موجود در آن‌ها را نیز با خود می‌برد. البته از بین رفتن مواد غذایی مختلف به این وسیله به دو صورت انجام می‌گیرد [۳].

برای نمونه فسفر چون بر روی ذرات کلوئیدی چسبیده است معمولاً همراه آن‌ها از دست می‌رود، ازت که محلول در آب می‌باشد نیز می‌تواند در آب حل شده و از زمین خارج گردد در اثر فرسایش، مواد غذایی مورد نیاز گیاه از بین رفته و حاصلخیزی خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه از میزان تولید کاسته می‌شود باید در نظر داشت که کاهش حاصلخیزی خاک در اثر فرسایش نه تنها میزان تولید را پایین می‌آورد بلکه کیفیت محصول تولید شده را کاهش می‌دهد [۸].

کاهش عمق خاک سطحی

فرسایش، عمق خاک سطحی را کاهش می‌دهد و در نتیجه از حاصلخیزی خاک کاسته می‌شود. نهایت کاهش عمق خاک سطحی رسیدن به خاک تحت‌الارض است. خاک تحت‌الارض، غالباً فقیر از مواد آلی و غذایی است و ساختمان نامناسبی دارد و بنابراین میزان تولید آن کم خواهد بود. به طور کلی عمق خاک سطحی در میزان تولید تنها هنگامی مشکل ایجاد نمی‌کند که خاک سطحی حاصل‌خیز و خیلی عمیق بوده و یا با افزودن مواد غذایی کافی به خاک باقی‌مانده از فرسایش بتوان به میزان کافی محصول به دست آورد [۸].

مبارزه با فرسایش آبی؛ مبارزه غیرمستقیم

در مبارزه غیرمستقیم هدف ایجاد پوشش گیاهی یا بیشتر کردن آن است. برای نتیجه‌گیری بهتر، بایستی روش بهره‌برداری از زمین با حفظ خاک متناسب باشد و به جهت ایجاد تعادل بین خاک، گیاه، زمین‌های مرتعی، جنگلی و زراعتی مشخص گردد تا نقاطی که استعداد جنگل را دارد، جنگل‌کاری، و قسمت‌هایی که برای مرتع‌داری مناسب است، در آنجا پوشش مرتعی ایجاد یا توسعه داده شود و خلاصه سطح‌هایی که برای کشاورزی مستعد است، گیاهان زراعتی مناسب با آن محل به‌ویژه از خانواده لگومینوز کاشته بشود.

هرچند گیاهان زراعتی خاک را به خوبی مرتع و جنگل در برابر عوامل فرسایشی حفظ نمی‌کنند، اما چون خاک استعداد کشاورزی دارد، چنانچه از روی اصول صحیح کشت و زرع گردد، هم از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه است و هم خاک حفظ خواهد شد.

مبارزه با فرسایش آبی؛ مبارزه مستقیم

مبارزه غیرمستقیم یعنی ایجاد پوشش گیاهی یا تقویت پوشش زنده خاک بیشتر به منظور پیشگیری صورت می‌گیرد، در صورتی که مبارزه مستقیم هنگامی شروع می‌شود که خاک فرسایش یافته باشد و باید اقداماتی انجام داد که خاک بیش از این فرسایش نیابد و امکاناتی فراهم کرد تا سطوح فرسایش یافته ترمیم گردد. بنابراین در مبارزه مستقیم وضع خاک از نظر فرسایش از مرحله پیشگیری به مرحله استعلاجی می‌رسد که انجام این امر مستلزم صرف هزینه زیاد است و اصل اقتصادی آن بایستی مراعات گردد.

فرسایش آبی موقعی اتفاق می‌افتد که سرعت آب‌های جاری از سرعت آستانه فرسایش تجاوز کند. سرعت آستانه فرسایش، حداقل سرعتی است که آب بتواند ذرات خاک را با خود حمل کند. در مبارزه مستقیم با فرسایش آبی، هدف نفوذ دادن آب بیشتر در زمین، یا هدایت آب‌های اضافی به طرف مجاری خروجی و خلاصه جلوگیری از سرعت آب‌های جاری در سطح زمین است تا به سرعت آستانه فرسایش نرسد که موجب فرسایش خاک گردد.

کشت روی خطوط تراز

کشت روی خطوط تراز یک روش موثر جهت کنترل فرسایش در زمین‌هایی با شیب کم تا متوسط می‌باشد و به مبنای کشت روی زمین شیب‌دار است، که آماده‌سازی زمین، کشت و برداشت گیاه بر روی خطوط تراز انجام می‌گیرد. این کشت سبب حفاظت در برابر فرسایش ورقه‌ای و شیاری می‌شود و در مواقعی دارای بهترین عمل حفاظتی است که رگبارهایی با



شدت کم تا متوسط بر روی شیب های ملایم پدید آیند [۵].

این روش، روشی مدیریتی است. کشت کنثوری سبب افزایش نفوذ و کاهش رواناب سطحی می شود و سبب نگهداری آب های دریافت شده با حفظ منابع خاک می شود که در تولید محصول ضروری است. در مواقع وقوع رگبارهایی با شدت بالا و بر شیب های تند، این روش دارای کمترین حفاظت است. موقعی که شدت رگبار بیشتر از میزان نفوذ شود، تجمع آب در پشت فاروها، سبب سرریز شدن می شود و آب از یک فارو به فاروی دیگر می رود و سبب تخریب زمین می گردد. این تخریب ممکن است سبب فرسایش موضعی شدید به شکل گالی ها شود.

کشت روی خطوط تراز نیازمند توسعه نقشه های توپوگرافی جزئی است که خطوط کنثوری را روی زمین مشخص کنند. کشاورزان از این اطلاعات برای ایجاد ردیف های کشت بر زمین استفاده می کنند. ایجاد ردیف های کشت بستگی به اندازه زمین و عرض تجهیزات دارد. توجه اصلی کشاورز باید منوط به کاهش ردیف های نشانه باشد. ردیف های نشانه مناطقی در زمین هستند که عرض آن ها کمتر از عرض تجهیزات است.

کارایی این روش به خصوصیات خاک، بارندگی و توپوگرافی بستگی زیادی دارد. کارایی آن در خاک های با زهکشی ضعیف، بارندگی های شدید و شیب های زیاد کم است. شیب مناسب معمولاً بین ۳ تا ۸ درصد است. نتایج ۱۲ سال آزمایش در مورد کشت روی خطوط تراز نشان داد که این کشت نسبت به کشت در جهت شیب حدود ۲۱ درصد افزایش محصول داشته است [۱۲].

کشت نواری

برای تکمیل کشت کنثوری می توان از کشت نواری استفاده نمود. برای استفاده از کشت نواری دو روش وجود دارد: کشت نواری در امتداد تراز که محصولات بر نوارهای در امتداد خطوط تراز در مزرعه کاشته می شود در امتداد خطوط تراز در مزرعه کاشته می شود؛ روش دوم کشت نواری در مزرعه است که به معنای کشت محصولات در نوارهایی است که به صورت عمودی بر شیب عمومی مزرعه جای گرفته اند.

هر دو روش کشت نواری سبب حفاظت در برابر فرسایش می شوند، اما کشت نواری بر خطوط تراز حفاظت بیشتری نسبت به کشت نواری در مزرعه دارد. پتانسیل سرریز شدن رواناب در کشت نواری روی خطوط تراز کمتر است. هر دو روش بصورت مدیریتی طبقه بندی می شود و عمل آن ها کاهش منبع رسوب است و انتقال رسوب در مزرعه را متوقف می کنند.

در این نوع کشت نیز مشکل ردیف های نشانه وجود دارد که با کشت نواری در مزرعه تعدیل می شود. انتخاب یکی از این دو روش بستگی به شاخص های ویژه موجود در مزرعه دارد. عموماً کشت نواری بر روی خطوط تراز در مناطقی که شیب مزرعه تند باشد مورد استفاده قرار می گیرد [۸].

کشت نواری سبب نفوذ رواناب سطحی می شود و رسوبات مازاد در نوارهای کشت نهشته می شوند. بیشترین اثر کشت نواری در کاهش فرسایش خاک است. طبق بررسی های انجام شده، کشت نواری نسبت به کشت روی خطوط تراز، فرسایش را حدود ۵۰ درصد کاهش می دهد [۶].

تناوب کشت حفاظتی

تناوب کشت حفاظتی می تواند سبب افزایش منافع اقتصادی و حفظ محیط زیست شود. تناوب کشت حفاظتی، عملکرد



مدیریتی کاهش منبع می‌باشد که به معنای کشت انواع مختلف محصول در ترتیب‌های مشخص در مزرعه است که چندین منفعت دارد. تناوب محصول عمدتاً برای کاهش فرسایش خاک، بخصوص فرسایش ورقه‌ای طرح‌ریزی می‌گردد. تناوب محصول سبب نگهداری مواد آلی خاک می‌شود. انتخاب گیاهان جهت کنترل فرسایش خاک بر اساس مقدار بیومس موجود می‌باشد. تناوب کشت حفاظتی بستگی به شرایط محلی مانند نوع خاک و یا توپوگرافی دارد [۱۰].

تغییر تناوب کشت سبب تشخیص کمبود یا ازدیاد مواد غذایی در مزرعه می‌شود. اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی این روش بستگی زیادی به نوع محصول انتخاب شده دارد. باید مدنظر داشت که کشت تناوبی برای جلوگیری از فرسایش خاک، به تنهایی کافی نیست و این تناوب باید از مدیریت صحیح نیز برخوردار باشد. در صورت استفاده مناسب از علف‌ها و گیاهان مرتعی در تناوب، فرسایش خاک به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

سکوبندی

سکوبندی در نواحی شیبدار صورت می‌گیرد و منظور از ایجاد سکو، از بین بردن شیب زمین بوسیله پله‌بندی است. چون غرض از مبارزه با فرسایش آبی، جلوگیری از شدت جریان آب در سطح زمین و نفوذ دادن بیشتر آن در خاک است، دامنه کوه‌ها را که ممکن است شیب ملایم داشته باشد، به صورت پله‌های پهن یا تخت‌هایی که همان سکوها باشد در می‌آورند و سطح هر پله را هموار می‌کنند تا آب‌های جاری نتواند به کمک شیب زمین، به شدت جریان یابد. به این وسیله آب‌ها در سکوها یا زمین‌های تخت شده جمع می‌شود که در نتیجه بهتر و بیشتر در زمین آن نفوذ می‌کند. در روی همین سکوها که به حفظ خاک و استفاده بیشتر از آب کمک می‌کند، درخت یا گیاه دیگری می‌کارند.

دیواره سکوها را معمولاً سنگ‌چین می‌کنند، اما در نقاطی که سنگ کم است به طریق دیگر نیز می‌توان عمل کرد. به عنوان مثال می‌توان دیواره سکوها را از خاک‌هایی که از کندن دامنه کوه حاصل می‌شود، ساخت. در این روش باید گیاهان (درخت یا بوته) را با فاصله کم از هم در روی دیواره پایین و تکیه‌گاه سکو کاشت تا به این طریق از تخریب خاک و شسته شدن دیواره خاکی جلوگیری به عمل آید [۲].

نتیجه‌گیری

همان‌طور که گفته شد خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است و امروزه فرسایش خاک به عنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به شمار می‌رود. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی‌شود، خاک‌ها به تدریج فرسایش یافته، حاصل‌خیزی خود را از دست می‌دهند. برای مبارزه با فرسایش هدف اول معمولاً ایجاد پوشش گیاهی است ولی در شرایطی که امکان ایجاد پوشش گیاهی نیست برای مبارزه با فرسایش آبی در مناطقی با شیب کم تا متوسط از کشت روی خطوط تراز و در مناطق پر شیب از سکوبندی و کشت نواری استفاده می‌کنیم. نتایج کشت روی خطوط تراز، نشان داد که این کشت نسبت به کشت در جهت شیب حدود ۲۱ درصد افزایش محصول داشته است. همچنین کشت نواری نسبت به کشت روی خطوط تراز، فرسایش را حدود ۵۰ درصد کاهش می‌دهد.

می‌توان با جمع‌بندی این محاسبات نتیجه گرفت که کل هزینه‌های فرسایش خاک در کشور ما رقمی در حدود ۲۲۵۹۰ میلیارد ریال در سال ۱۳۷۹ بوده است. مقایسه این ارقام با ارزش افزوده بخش کشاورزی، شکار و جنگلداری در این سال که معادل ۷۳۱۷۰ میلیارد ریال به قیمت‌های جاری است، نشان می‌دهد که تقریباً ۳۱ درصد این ارزش افزوده به نابودی کشیده می‌شود.



1. Abbaspour, K.C.; Faramarzi, M.; Ghasemi, S.S.; Yang, H. Assessing the Impact of Climate Change on Water Resources in Iran. *Water Resour. Res.* 2009, 45, 1–16.
2. Arabameri A, Tiefenbacher JP, Blaschke T et al (2020) Morphometric analysis for soil erosion susceptibility mapping using novel GIS-based ensemble model. *Remote Sens* 12:874.
3. Bronick, C.J.; Lal, R. Soil structure and management: A review. *Geoderma* 2005, 124, 3–22.
4. Giang, P.Q.; Giang, L.T.; Toshiki, K. Spatial and Temporal Responses of Soil Erosion to Climate Change Impacts in a Transnational Watershed in Southeast Asia. *Climate* 2017, 5, 22.
5. Gupta, S.; Kumar, S. Simulating Climate Change Impact on Soil Erosion Using Rusle Model—A Case Study in a Watershed of Mid-Himalayan Landscape. *J. Earth Syst. Sci.* 2017, 126, 43.
6. Issaka S, Ashraf MA (2017) Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geol Ecol Landsc* 1:1–11.
7. Jain MK, Das D (2010) Estimation of sediment yield and areas of soil erosion and deposition for watershed prioritization using GIS and remote sensing. *Water Resour Manag* 24:2091–2112.
8. Kavdir, V.; Ozcan, H.; Yigini, Y. The influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregates stability and tensile strength. *Turk. J. Agric. For.* 2004, 28, 155–162.
9. McCool DK, Williams JD (2008) Soil erosion by water. In: *Encyclopedia of ecology, Five-Volume Set.* Elsevier Inc., pp 3284–3290.
10. Mohamadi MA, Kavian A (2015) Effects of rainfall patterns on runoff and soil erosion in field plots. *Int Soil Water Conserv Res* 3:273–281.
11. Sadhasivam N, Bhardwaj A, Pourghasemi HR, Kamaraj NP (2020) Morphometric attributes-based soil erosion susceptibility mapping in Dnyanganga watershed of India using individual and ensemble models. *Environ Earth Sci* 79:360.
12. Stefanidis, S.; Stathis, D. Effect of Climate Change on Soil Erosion in a Mountainous Mediterranean Catchment (Central Pindus, Greece). *Water* 2018, 10, 1469.
13. Visser, S.M.; Streck, G.; Ribolzi, O. Techniques for simultaneous quantification of wind and water erosion in semi-arid regions. *J. Arid Environ.* 2004, 59, 699–717.
14. Yan, F.L.; Shi, Z.H.; Li, Z.X.; Cai, C.F. Estimating interrill soil erosion from aggregate stability of Ultisols in subtropical China. *Soil Till. Res.* 2008, 100, 34–41.

