

مروری بر روش های مختلف مقابله با فرسایش آبی در دنیا

حمزه سعیدیان*^۱، شاهین آقامیرزاده^۲



۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

۲- محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

Email: Hamzah.4900@yahoo.com

چکیده

مقابله با فرسایش خاک یکی از ضروری ترین مسائل پیش روی بشر می باشد. مقابله با فرسایش برای حفظ خاک و در نهایت امنیت غذایی برای همه کشورها حائز اهمیت است و در سال های اخیر روش های مختلفی در همه کشورها برای مقابله با فرسایش به کار برده شده است. این پژوهش با تاکید بر مطالعات روش های سازه ای و غیر سازه ای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک در مقیاس های مختلف انجام شده است. برای انجام این مطالعه مطالب مورد نیاز از منابع داخلی و خارجی جمع آوری شد. در این مطالعه سعی گردیده است نگرشی جامع بر همه روش های سازه ای و غیر سازه ای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک صورت گیرد. اطلاعات جمع آوری شده نشان داد که روش های غیر سازه ای در مقایسه با روش های سازه ای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک از نظر تعداد روش ها، خیلی بیشتر هستند و با توجه به هزینه بسیار پایین آنها باید در اولویت مقابله با فرسایش و حفاظت خاک قرار گیرند. البته می توان از تلفیقی از روش های سازه ای و غیر سازه ای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک هم استفاده کرد. بر اساس اطلاعات موجود بهتر است تا آنجایی که امکان دارد از روش های غیر سازه ای استفاده شود چون روش های غیر سازه ای دخالت کمتری در طبیعت ایجاد می کنند و می توانند به نحو بهتری کمک کنند تا حوزه های آبخیز زودتر به تعادل اکولوژیک برسند.

واژه های کلیدی: فرسایش خاک، روش های سازه ای، مقیاس مکانی، روش های غیر سازه ای

بیان مسئله

علی‌رغم اهمیت حیاتی خاک برای ادامه بقا آدمی، معضلی جدی آن را تهدید می‌کند و آن پدیده فرسایش خاک است. فرسایش خاک را می‌توان به عنوان بحرانی جدی تلقی نمود. فرسایش طبیعی فرآیندی کند و بلند مدت می‌باشد که در تمام دوران‌ها بر روی همه خاک‌ها رخ می‌دهد (۳). این نوع فرسایش به تشکیل خاک‌ها و توزیع آنها بر روی سطح زمین کمک می‌کند و با فرآیندهای تشکیل خاک در تعادل می‌باشد (۱۰). اگرچه از نظر علمی، خاک را جزء منابع طبیعی تجدید شونده قرار داده‌اند، اما با توجه به روند کند تشکیل، در عمل جزء منابع طبیعی غیرقابل تجدید به شمار می‌آید. بنابراین خاک در طول زمان کم کم ضعیف می‌شود و هنگامی که به شکل نامناسبی اداره شود به تدریج تخریب می‌شود (۷). سرعت تشکیل خاک بسیار کند بوده و بنابراین اندازه‌گیری آن دشوار است (۵). به علت دیدگاه غلطی که در مورد تجدید پذیر بودن خاک وجود دارد، این منبع بیش از توان خود مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گرفته است و امروزه جهان شاهد مشکلاتی در زمینه فرسایش خاک و افت کیفیت خاک می‌باشد. برای کمک به دستیابی به گرسنگی صفر و آب پاک ضروری است که با فرسایش خاک مبارزه شود. فرسایش غیر طبیعی شامل شکسته شدن خاکدانه‌ها و تشدید جابجایی و انتقال مواد آلی و معدنی در نتیجه روش‌های زراعی و شخم نامناسب و از بین بردن پوشش گیاهی توسط آب و خاک می‌باشد (۹). فرسایش خاک یکی از شاخص‌های مهم تغییر کیفیت محیط زیست نیز می‌باشد (۴). فرسایش خاک سطحی حاصلخیز در بلندمدت باعث کاهش عمق خاک، ظرفیت رطوبتی خاک و هدررفت مواد آلی و عناصر غذایی و در نتیجه کاهش باروری خاک می‌شود (۶، ۱۰). بیلدر و همکاران (۲) در پژوهش‌های خود نتیجه گرفتند آگاهی از مشکلات فرسایش خاک، عامل تعیین کننده پذیرش روش‌های حفاظت خاک است. تفارا و استریک (۱۱) با بررسی مشکلات فرسایش خاک و عوامل موثر بر پذیرش روش‌های حفاظت آب و خاک در اتیوپی نتیجه گرفتند که کشاورزان به خوبی از مشکلات فرسایش و پیامدهای ناشی از آن نظیر از بین رفتن خاک و کاهش حاصل خیزی آگاهی دارند. با این وجود آنها به میزان کافی برای روش‌های حفاظت آب و خاک سرمایه گذاری نمی‌کنند و بیشتر به عملیات مدیریت خاک برای حفظ عملکرد محصول تمایل دارند. یودایاکومارا و همکاران (۱۲) در پژوهش خود نتیجه گرفتند که آگاهی از مشکلات ناشی از فرسایش خاک، مهمترین عامل پذیرش روش‌های مختلف حفاظت خاک می‌باشد. فرسایش خاک فرآیندی است که با استفاده از تکنیک‌های زیادی می‌توان به ردیابی و کاهش آن کمک کرد. خاک‌های سالم نقش مهمی در دستیابی به اهداف توسعه‌ی پایدار سازمان ملل در مورد گرسنگی، آب تمیز و محافظت از محیط‌زیست زمینی دارند. فرسایش خاک از رایج‌ترین نوع تخریب زمین می‌باشد و یک فرآیند طبیعی است که لایه‌ی بالایی خاک را جابه‌جا می‌کند. جایی که گیاهان بیشترین مواد مغذی و آب مورد نیاز خود را از آنجا دریافت می‌کنند. خاک یکی از منابع اصلی جهت رشد گیاهان و تولید مواد غذایی است و امروزه افزایش تولید مواد غذایی و استفاده‌ی درست از منابع خاکی جهت تولید در سرتاسر جهان در اولویت قرار دارد. بنابراین محافظت از خاک و جلوگیری از فرسایش آن از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه همه روش‌های حفاظت خاک در سراسر دنیا باید مورد بررسی قرار گیرند و برای همه محققین شناخته شده باشند که کشورها بتوانند با توجه به منابع مالی و همچنین مشکلات به وجود آمده در حوزه‌های آبخیزشان روش‌های مختلف حفاظت خاک را آزمایش کنند و در نهایت باعث کاهش فرسایش در مناطق مختلف شوند. هدف این مطالعه بررسی‌های تعداد زیادی از روش‌های مختلف حفاظت خاک در ایران و سراسر دنیا می‌باشد که در نهایت روش‌های مناسب و با کارایی بالاتر و هزینه کمتر انتخاب شود و در حوزه‌های آبخیز سراسر کشور مورد استفاده قرار گیرد. آشنایی محققین و دستگاه‌های اجرایی کشور به تعداد زیادی از روش‌های

حفاظت خاک باعث انتخاب روش مناسب و مفید برای هر حوزه آبخیز خواهد شد. آب و خاک، عوامل مهمی برای حیات و کشاورزی هستند بنابراین روش های حفاظت از آنها نیز به مراتب مهم و حیاتی می باشند.

معرفی دستاورد

بررسی تعداد زیادی از روش های حفاظت خاک و مقابله با فرسایش باعث می شود محققین مختلف آشنایی بیشتری با این روش ها داشته باشند و بتوانند در مکان و زمان مناسب از آنها استفاده کنند. پژوهش های بسیاری مربوط به مقابله با فرسایش و حفاظت از خاک، در حال حاضر در دنیا می باشد و این نشان می دهد که محققان به اهمیت مقابله با فرسایش و حفاظت از خاک که برای آینده بشر اهمیت فراوان دارد پی بردند. مقابله با فرسایش و حفاظت از خاک در ایران و دنیا در مقیاس هاس زمانی و مکانی مختلف انجام شده است. برای انجام این پژوهش مطالب مورد نیاز از منابع داخلی و خارجی جمع آوری شد. در این پژوهش سعی گردیده است نگرشی جامع بر روش های مختلف حفاظت از خاک و مقابله با فرسایش در ایران و دنیا صورت گیرد و مزیت های هر کدام توضیح داده شود و در نهایت تجزیه و تحلیل اطلاعات و ارائه بهترین راه کارهای استفاده از روش های حفاظت خاک و مقابله با فرسایش در ایران و دنیا انجام گرفت. اجرای طرح های حفاظت خاک و آبخیزداری بر پایه نتایج حاصله از تحقیقات و بررسی های علمی در هر حوزه آبخیز ضروری می باشد. در سال های اخیر در دنیا روش های جدیدی برای کنترل فرسایش در پیش گرفته شده است که با تغییراتی بر حسب شرایط منطقه ای در طرح ها و برنامه های اجرایی می تواند مورد اجرا گذاشته شود. میزان فرسایش خاک در ایران افزایش چشم گیری یافته است به طوری که در بازه زمانی ۱۳۳۰ تاکنون با روند رشدی معادل ۴۲۰ درصد همراه بوده است و در حال حاضر به یک معضل اساسی تبدیل شده است (۱). بنابراین شناخت تعداد زیادی از روش های مختلف حفاظت خاک و مقابله با فرسایش ضرورت پیدا می کند. بنابراین برای مبارزه و به تبع آن موفقیت در مهار فرسایش خاک ضرورت دارد اقدام به شناخت و آگاهی از روش های مختلف سنتی و نوین حفاظت از خاک در سراسر دنیا شود. تعداد زیادی از روش های حفاظت خاک و مقابله با فرسایش در دنیا به شرح ذیل بیان می شوند:

الف) روش های سازهای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک در کشورهای مختلف دنیا:

(۱) گابیون: گابیون کلمه ای ایتالیایی بوده و به معنی جعبه یا قفس فلزی که با مصالحی نظیر سنگ و خاک پر شده است، گفته می شود. تشک های گابیون برای تثبیت خاکی مورد استفاده قرار می گیرند که در آن فرسایش خاک زیاد رخ می دهد. این یک محصول زیبایی شناخته شده نیست و همیشه امکان آسیب در سیم ها وجود دارد. گابیون ها می توانند تقریباً در همه جا مورد استفاده قرار گیرند که از مزایای آنها محسوب می شود. اولین سازه ی گابیون شناخته شده در طول تاریخ، توسط مصری ها ساخته شده است. این توری های سنگی معمولاً در کنار رود نیل برای حفاظت در برابر سیلاب و طغیان رودخانه در بعضی فصول سال بوده و عموماً با نی و سنگ ساخته شده بودند. بنابراین با توجه به تاریخچه مطرح شده گابیون ها ثابت کرده اند که یکی از بهترین راه کارها برای مقابله با فرسایش خاک در جهان محسوب می شوند.

(۲) بلوک های بتونی: بلوک های بتونی مفصلی، بلوک هایی هستند که می توان آنها را در انواع مختلفی از اشکال و ضخامت ساخت. همچنین می توان یک شبکه ای از واحدهای بلوک های بتنی را برای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک مورد استفاده قرار داد. بنابراین بلوک های بتونی مفصلی می تواند در آینده به صورت کاربردی تری برای حفاظت خاک و مقابله با فرسایش به خصوص برای مناطق حساس و استراتژیک به کار برد.



شکل ۱- نمونه‌ای از بلوک‌های بتنی

۳) رول‌های ژئوتکستایل: رول‌های ژئوتکستایل عبارتند از فیبر غیر بافته نارگیل، همراه با یک طناب پلی اتیلن مش. آن‌ها معمولاً به صورت رول و در روی سطح خاک قرار می‌گیرند و از فرسایش خاک در دامنه‌های مختلف جلوگیری می‌کنند. گاهی اوقات پوشش گیاهی بر روی ژئوتکستایل ایجاد می‌شود و ریشه‌های پوشش گیاهی به عنوان یک عامل متصل با الیاف عمل می‌کنند. این یک ماده زیست تخریب پذیر است که به محیط زیست آسیب نمی‌رساند که از مزایای آن محسوب می‌شود.



شکل ۲- نمونه‌ای از ژئوتکستایل‌های نصب شده

۴) Riprap: ریپرپ یا پتوی سنگ چین یک مانع سنگی مقاوم به فرسایش است. این مانع جهت حفاظت خاک از فرسایش کنار رودخانه‌ای به کار می‌رود. همچنین از ریپرپ یا پتوی سنگ چین برای حفاظت شیب‌های ناپایدار استفاده می‌شود. ریپرپ یا پتوی سنگ چین یک روش معمول برای حفاظت خاک از فرسایش در مناطق رواناب متمرکز است. یک لایه از سنگ‌های بسیار بزرگ است که به هم متصل هستند و به عنوان یک مانع در دامنه‌هایی که به علت مشکلات آبتوی یا مناطقی که جریان متمرکز زیادی دریافت می‌کنند، استفاده می‌شود. اصلی‌ترین کاربرد این سازه‌ها در کنار دریاچه‌هایی است که امکان فرسایش خاک در آن‌ها وجود دارد. یکی از محدودیت‌هایی که ریپرپ‌ها یا پتوی‌های سنگ‌چین ممکن است ایجاد کند این است که در شیب‌های تند نمی‌توان از آن استفاده کرد. در شیب‌های بیشتر از ۱:۲ که احتمال فرسایش بسیار زیادی است می‌توان از سازه‌های

جایگزین آن استفاده کرد. یکی از مهم ترین آسیب هایی که سنگ چین ها می توانند به محیط زیست برسانند، آسیب به محل زندگی جانداران است که از معایب آن محسوب می شود.



شکل ۳- نمونه ای از Riprap

۵) سکوبندی: در نواحی شیب دار برای از بین بردن شیب، پله بندی می نمایند بدین ترتیب که در دامنه کوه ها که شیب ملایم دارند بصورت پله های پهن در می آورند و سطح هر پله را هموار می نمایند تا آب های جاری به شدت جریان نیابد و به این ترتیب آب در سکوها جمع شده بهتر در زمین نفوذ کرده و می توان در آن به کشت درخت یا در صورت وسعت زیاد به زراعت پرداخت که از مزایای این روش محسوب می شود.

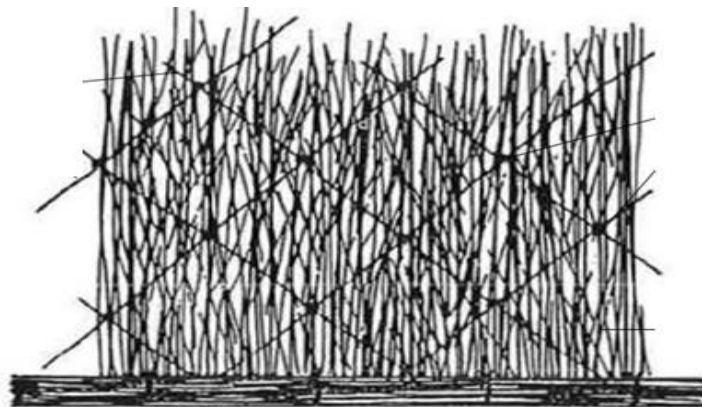


شکل ۴- نمونه ای از سکوبندی در اراضی شیب دار

۶) تشک براش^۱: یک سیستم محافظت از سطح خاک توسط شاخه هایی است که با استفاده از سیم به زمین متصل می شوند. این سیستم ایده آل گرفتن رسوب از بارش های مختلف است. نقص این تکنیک این است که شبکه سیم ها در هنگام بارش باران سنگین آسیب پذیر هستند. سیستم باید در درون خاک قرار گیرد تا بتواند آب را جذب کند. مانند ژئوتکستایل می توان آن را

^۱ Brush Mattress

سریع نصب کرد، ساده است، زیست تخریب پذیر است و هزینه تعمیر و نگهداری نسبتاً کم است که از مزایای آن محسوب می‌شود.



شکل ۵- نمونه‌ای از تشک براش

(۷) چپر سازی و شمع کوبی و سنگ چینی: بیشتر برای نقاطی از کوه که شیب آن زیاد و جنس زمین طوری است که دائم تخریب می‌شود و ریزش می‌کند مناسب است. چپر و شمع بیشتر از سر شاخه درختان استفاده کرده و بر اثر ریزش کوه و یا جمع شدن مواد در پشت آن بطور طبیعی یک سکو بوجود می‌آید که البته سطح آن مثل سطح سکوهایی ساخته شده صاف نیست. هزینه‌های اجرایی کم از مزایای این روش محسوب می‌شود.

(۸) سدهای تاخیری: سدهای تاخیری شامل سدهای بتونی، سنگ و سیمان، خاکی و خشکه چین و گابیونی و غیره می‌باشند که به منظور ذخیره آب، کاهش سرعت آب به زیر آستانه فرسایش و نفوذ بیشتر آب در بالادست و تغذیه مناطق پایین دست ساخته می‌شوند که می‌توانند نقش مهمی در فرسایش خاک و مقابله با فرسایش داشته باشند. اغلب این سدها مانع از جریان شدید آب می‌شوند که ممکن است به تدریج از گل و لای پر شده و به صورت نوعی سکو در داخل آبراهه‌ها در آیند و در نتیجه باعث حفظ خاک و مقابله با فرسایش می‌شوند.

(۹) بانکت: بانکت‌ها، کانال‌ها یا شیارهای ممتد یا منقطعی هستند که در جهت عمود بر شیب دامنه ساخته می‌شوند و وظیفه آنها جمع‌آوری رواناب یا هدایت آن را به یک خروجی عمود بر شیب دامنه می‌باشد. بانکت بندی یکی از شیوه‌های متداول آبخیزداری است که با حفر شیارها و کانال‌هایی به منظور کاهش شیب دامنه با اهدافی چون کنترل فرسایش، کنترل رواناب، افزایش رطوبت نسبی و ایجاد بستر رشد گیاه ایجاد می‌شود.

(۱۰) مجاری انحرافی: برای جمع‌آوری آب‌های جاری سطحی یا رواناب در جهت عمود بر شیب ساخته می‌شود و آب‌های جمع‌آوری شده را به محل مطمئنی هدایت نموده و به این ترتیب از فرسایش خاک و در نتیجه تلفات خاک و آب جلوگیری می‌نماید. (۱۱) کنتور فارو: احداث کنتور فارو عبارتست از ایجاد جوی‌های کوچک و کم عمق بر روی خطوط تراز به منظور نفوذ دادن آب در خاک و جلوگیری از جریان سطحی و فرسایش خاک و همچنین افزایش پوشش گیاهی در مراتع می‌باشد.

(۱۲) پیتینگ: پیتینگ عبارتست از ایجاد چاله‌های کوچک در خاک به منظور افزایش نفوذ پذیری آن و ذخیره نزولات آسمانی در داخل چاله‌ها و خاک اطراف آن و جلوگیری از جریان سطحی آب‌های حاصل از بارندگی و در نتیجه کاهش امکان فرسایش. پیتینگ اغلب قدرت جذب رطوبت را در خاک دو برابر می‌کند و در نتیجه از جریان سطحی آب در بارندگی‌های شدید جلوگیری می‌نماید.



شکل ۶- نمونه‌ای از ایجاد پیتینگ

ب) روش‌های غیر سازه‌ای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک در کشورهای مختلف دنیا:

۱) اصلاح روش‌های آبیاری: اصلاح روش‌های آبیاری نقش مهمی در جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک دارد. با توجه به شرایط اقلیمی، میزان آب در دسترس، نوع خاک و گیاه باید مناسب‌ترین سیستم جهت آبیاری مزارع و باغات را انتخاب کرد و فرسایش خاک را به حداقل رساند. انتخاب روش‌هایی مانند آبیاری سطحی و قدیمی مخصوصاً در زمین‌های شیب‌دار باعث فرسایش خاک می‌شوند. سیستم‌های نوین آبیاری مانند آبیاری بارانی، قطره‌ای و زیرسطحی می‌تواند باعث صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از فرسایش خاک گردد که از مزایای این روش محسوب می‌شود.

۲) استفاده از نیروی اطلاعاتی منابع طبیعی: در این روش برای حفاظت از منابع طبیعی و تخریب خاک از نیروهای اطلاعاتی استفاده می‌شود که هر گونه تخریب منابع طبیعی و خاک را به کارشناسان مربوطه گزارش دهند و این کارشناسان با حضور به موقع در عرصه منابع طبیعی جلوی تخریب خاک را بگیرند. این نیروها معمولاً از میان روستائیان و به صورت مخفی و با حقوق ماهیانه و به صورت قراردادی انتخاب می‌شوند. در صورتی که حضور این نیروها برای منابع طبیعی منطقه مفید باشد دوباره با آنها قرار داد بسته می‌شود و در صورتی که وظیفه شان را درست انجام ندهند با نیروهای دیگر جایگزین می‌شوند. وجود چنین نیروهای اطلاعاتی در منطقه می‌تواند باعث کاهش تخریب منابع طبیعی و در نهایت کاهش فرسایش خاک و حفاظت از سازه‌های منابع طبیعی شود. دولت با منابع مالی اندک و عرصه وسیع منابع طبیعی نمی‌تواند با نیروهایش در عرصه حفاظت از منابع طبیعی به طور کامل موفق باشد ولی استفاده از این نیروها می‌تواند موفقیت دولت را دو چندان افزایش دهد. از مزایای این روش کنترل بیشتر دستگاه‌های اجرایی کشور بر منابع طبیعی می‌باشد.

۳) کشاورزی بدون خاکورزی: در کشاورزی بدون خاکورزی، محصولات زراعی به جای اینکه در پایان فصل شخم زده و برداشت شوند، اجازه داده می‌شود در زمین زراعی باقی بمانند. این عمل به جای اینکه زمین لخت را در معرض باد و آب قرار دهد، خاک را محصور و متصل به هم نگه می‌دارد.

۴) مبارزه بیولوژیکی: در این روش روی شیب تغییر آنچنانی ایجاد نمی‌شود، بلکه با احیاء پوشش گیاهی با فرسایش مبارزه می‌شود. در مبارزه غیر مستقیم هدف ایجاد پوشش گیاهی یا بیشتر کردن آن است. برای نتیجه‌گیری بهتر، بایستی روش بهره‌برداری از زمین با حفظ خاک متناسب باشد تا بین خاک و گیاه و زمین‌های مرتعی و جنگلی و زراعی تعادل ایجاد گردد و نقاطی که استعداد جنگل را دارد، جنگل‌کاری و قسمت‌هایی که برای مرتعداری مناسب است، در آن جا پوشش مرتعی ایجاد یا

توسعه داده شود و خلاصه سطح‌هایی که برای کشاورزی مستعد است، گیاهان زراعتی مناسب با آن محل به ویژه از خانواده لگومینوز کاشته شود. گیاهان و مواد گیاهی به اشکال مختلف بذر، گراس‌ها، گیاهان علفی، بوته‌ها و درختان و قسمت‌هایی از آنها که قابلیت تکثیر دارند و همچنین کلوخ چمنی همراه با خاک سطحی در کارهای کنترل فرسایش مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مزایای این روش سادگی اجرای آن می‌باشد.

۵) کاشت باغ باران: باغ باران یک تورفتگی کم عمق در حیات‌خانه‌هاست که بارش‌های جریان یافته‌ی سطوح غیرقابل نفوذ در آنجا جمع می‌شوند. این کار از فرسایش خاک جلوگیری و به حفاظت از خاک کمک می‌کند و فرصتی برای رشد گیاهان تالابی به شما می‌دهد. از معایب این روش محدودیت اجرای آن می‌باشد.

۶) کشت روی خطوط تراز: به این معنی که اجرای عملیات زراعی در اراضی شیب‌دار شامل شخم، تهیه زمین و کشت و کار روی خطوط تراز و در جهت عمود بر شیب قرار گیرد. این روش شامل تراس بندی، تغییر مسیر آب‌های زیاد و همچنین کشت بین درختان میوه و باغات و بوستان‌ها که در اراضی شیب‌دار روی خطوط تراز کاشته می‌شوند نیز می‌شود.

۷) استفاده از خاک ورزی حفاظتی: از روش‌های جلوگیری از فرسایش کشاورزی می‌باشد. این روش در مقایسه با سیستم‌های معمول خاک‌ورزی به میزان قابل توجهی فرسایش آبی و بادی خاک را کاهش می‌دهد. خاک ورزی حفاظتی سیستمی است که مقدار کافی بقایای گیاهی را پس از برداشت محصول در سطح زمین حفظ می‌کند تا قادر به حفاظت خاک در برابر فرسایش باشد. خاک ورزی حفاظتی مفهوم گسترده‌ای داشته و دامنه وسیعی از عملیات و روش‌ها را در بر می‌گیرد. این سیستم ابتدا با نام خاک ورزی حداقل شناخته می‌شد که کاهش تعداد دفعات عملیات خاک ورزی داخل مزرعه را ترویج می‌کرد اما در اواخر سال ۱۹۷۷ به پیشنهاد انجمن حفاظت خاک آمریکا، این واژه به خاک ورزی حفاظتی تغییر نام داد. بعد از تغییر سیستم مذکور، بیشتر تلاش بر حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، پس از کشت مطرح بود تا آنکه صرفاً کاهش تعداد تردد در مزرعه مد نظر باشد. در اوایل سال ۱۹۸۴ انجمن حفاظت خاک آمریکا مجدداً تعریف خاک ورزی حفاظتی را تغییر داده و بیان نمود که خاک ورزی حفاظتی هر گونه سیستم خاک ورزی و کشت را در بر می‌گیرد که پس از کشت، حداقل سی درصد سطح خاک با بقایای گیاهی پوشیده شده و در نتیجه فرسایش تقلیل می‌یابد. از مزایای این روش کاهش فرسایش خاک به میزان قابل ملاحظه می‌باشد.

۸) استفاده از شخم سطحی و افزودن مواد آلی به خاک: استفاده از شخم سطحی و افزودن مواد آلی به خاک جهت بالا بردن قدرت جذب آبی خاک برای جلوگیری از فرسایش آبی توصیه می‌شود اما شخم‌هایی که باعث نرم و پودری شدن خاک (ریز شدن ذرات خاک)، برگرداندن کامل خاک و از دست رفتن رطوبت خاک می‌شوند (مانند شخم با گاوآهن برگردان دار) می‌توانند فرسایش آبی و بادی را افزایش دهند. استفاده از گاوآهن پنجه‌غازی که خاک را بر نمی‌گرداند و فقط در خاک شیار ایجاد می‌کنند جهت جلوگیری از فرسایش خاک مناسب‌تر است. از مزایای این روش این است که میزان فرسایش خاک را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

۹) چند کشتی: چند کشتی شامل کاشت دو یا چند محصول زراعی به صورت توأم و مخلوط است. چندکشتی با هدف گسترده کردن و متنوع ساختن کشت در ابعاد زمانی و مکانی صورت می‌گیرد و در آن دو یا چند محصول به صورت ردیفی یا درهم کشت می‌شوند. یکی از اصلی‌ترین پیامدهای کشت تک محصولی به ویژه در سیستم کشاورزی صنعتی کشت مترکم است که موجب تغییرات و فشرده‌سازی ساختمان خاک، اختلال در وضعیت تغذیه خاک، افزایش وقوع مسمومیت خاک، تراکم و ایجاد لایه سخت در زیر خاک، ایجاد حالت اشباع و افزایش مقدار نمک خاک می‌شود. در سیستم چند کشتی علاوه بر آنکه بسیاری

از مشکلات ذکر شده کاهش می یابد می توان با افزایش پوشش گیاهی از فرسایش خاک جلوگیری کرد. از مزایای این روش سادگی انجام آن می باشد.

۱۰) تلفیق دام و گیاه: تلفیق دام و گیاه به این مفهوم است که در فرآیند تولید و چرخه مواد رابطه بین گیاه زراعی و دام یک رابطه تکمیلی و مکمل هم باشد. به عبارت دیگر گیاه بخشی از تولید و خدمات خود را در اختیار دام ها قرار می دهد و دام ها هم متقابلاً خدماتی از جمله تامین مواد آلی خاک را به عهده دارند و با کود دامی که در اختیار خاک قرار می گیرد حاصلخیزی آن جهت رشد و نمو گیاهان (علوفه) افزایش می یابد. تلفیق دام و گیاه و حضور دام در مزرعه منجر به تقویت خاک با کود دامی و افزوده شدن مواد آلی طبیعی به خاک می شود. از محدودیت های این روش در اختیار داشتن تعداد دام مناسب می باشد.

۱۱) استفاده از گیاهان پوششی: محصول پوششی یک گیاه است که می تواند برای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک به کار رود. که معمولاً زودتر از گیاه اصلی و زمانی که شرایط برای رشد گیاه اصلی مناسب نیست (مثلاً وجود سرمای زمستانه) در زمین کشت می شود و قبل از کاشت محصول اصلی سرکوب می شود؛ مانند کشت حبوبات زمستانه (شدر زمستانه و ماشک مویی) که با قابلیت تثبیت نیتروژن مقدار ماده ی آلی خاک را افزایش می دهد، باعث ذخیره سازی آب و حفظ رطوبت در خاک و کنترل و سرکوب علف های هرز می گردد، همچنین از فرسایش آبی و بادی خاک جلوگیری می کند. باید توجه شود که گیاهان پوششی قبل از اینکه وارد فاز زایشی شوند و به گل بروند سرکوب شده و از بین بروند زیرا اگر این گیاهان به بذر بروند می توانند تبدیل به علف هرز برای محصول اصلی شوند. محصولات پوششی نقش مهمی در افزودن ماده ی آلی خاک و در نتیجه بهبود ساختار خاک و سایر خصوصیات فیزیکی خاک مانند ظرفیت تبادل یونی و تخلخل خاک دارند. علاوه بر این استفاده از گیاهان پوششی لگومینه باعث افزایش نیتروژن خاک شده و کاربرد کودهای نیتروژنه را کاهش می دهد. از محدودیت های این روش دقت در مراحل رشد گیاهان می باشد که به موقع بتوانند در کاهش فرسایش نقش داشته باشند.

۱۲) کاشت نوارهای گیاهی حائل در امتداد سواحل جریان آب: نوارهای حائل باعث می شوند که در زمان سیلاب، سواحل جریان آب دست نخورده باقی بمانند و آسیبی به آنها وارد نشود. آنها همچنین از ورود روان آب به داخل آبراه ها جلوگیری می کنند. نوارهای حائل می توانند ترکیبی از علف ها، درختچه ها و درختان باشند. از مزایای این روش استفاده از پوشش های گیاهی مختلف می باشند که هر کدام می توانند نقش قابل ملاحظه ای در کاهش فرسایش داشته باشند.

۱۳) احیای جنگل ها و پوشش جنگلی: استقرار مجدد پوشش جنگلی، یک شبکه گسترده ای از ریشه های درخت را فراهم می کند که یک راه حل طولانی مدت برای فرسایش خاک در ارتباط با جنگل زدایی می باشد. جنگل ها می تواند هم به عنوان بادگیر و هم وسیله ای برای محصور و متصل به هم نگه داشتن خاک های موجود باشند و باعث کاهش فرسایش شوند. از مزایای این روش نقش مهم و اساسی داشتن همراه با دوام مناسب در کاهش فرسایش می باشد.

۱۴) استفاده از مالچ های آلی یا مصنوعی: در سطح خاک مالچ های آلی مانند کاه و کلش گیاهان و بقایای محصول کشت شده ی قبلی باعث نفوذ بیشتر آب آبیاری یا بارندگی به پروفایل خاک می شود (بهبود راندمان مصرف آب) و در نتیجه جریان آب را کاهش داده و باعث کاهش فرسایش آبی خاک می شود. علاوه بر این شستشوی کودهای ارگانیک و شیمیایی را نیز کاهش می دهد. همچنین پوشش خاک با مالچ باعث کاهش باد بردگی خاک و جلوگیری از فرسایش بادی خاک می شود. استفاده از مالچ های آلی در مزارع این امکان را فراهم می کند که ادوات به راحتی وارد مزرعه شوند بدون اینکه موجب فرسایش و خارج شدن خاک مزرعه شوند. مزایای این روش سادگی استفاده از آن می باشد. مالچ ها به دو دسته ارگانیک و غیر ارگانیک تقسیم بندی می شوند: مالچ های ارگانیک عمدتاً شامل پوست خرد شده درختان، تراشه های چوب و برگ درختان می باشند. مالچ های غیر ارگانیک شامل لاستیک و پلاستیک بازیافتی، مواد آلی، سنگریزه و سایر مواد غیر طبیعی هستند. مالچ ها بسته به نوع استفاده،

ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک مختلفی از خود بروز می‌دهند. مالچ ارگانیک رنگی، گونه‌ای از مالچ است که به طور همزمان، دارای ارزش دکوراتیو و زیستی است. این نوع مالچ از تراشه‌های چوب فراوری شده به دست می‌آید که در حالت استاندارد، با مواد ارگانیک رنگ‌آمیزی شده و با طول عمری قریب به ۲ سال (با توجه به شرایط آب و هوایی) خاک، گیاهان و محیط را از ویژگی‌های اکولوژیک و زیبایی شناسانه خود بهره‌مند می‌سازد. از مزایای این روش قابلیت مانور بالا در کاهش انواع فرسایش می‌باشد.

۱۵) احیا و اصلاح و محافظت از مراتع: مراتع یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی کشور هستند که نقش مهمی در حفاظت از محیط‌زیست و کاهش فرسایش خاک دارند. وجود مراتع با پوشش گیاهی مناسب از ایجاد رواناب و برخورد شدید قطرات با خاک توسط بارندگی‌های شدید و در نتیجه فرسایش خاک جلوگیری کرده و باعث تقویت سفره‌های آب زیرزمینی و جلوگیری از پر شدن مخازن سدها و تجمع رسوبات در پشت سدها می‌شود. متأسفانه مراتع کشور ما در سال‌های اخیر در اثر چرای بیش‌ازحد دام‌ها و آتش‌سوزی و تغییر کاربری در حال نابودی هستند؛ بنابراین باید از چرای بیش‌ازحد مراتع توسط دام‌ها و تغییر کاربری آن‌ها جلوگیری کرده و نسبت به احیا و افزایش پوشش گیاهی مراتع اقدام کرد. همچنین با کشت گیاهانی مانند آگروپایرون که به تنش‌های زیستی و غیر زیستی مقاوم هستند می‌توان نسبت به احیا و اصلاح مراتع اقدام کرد. یکی از مزایای این روش این است که می‌تواند محدوده بسیار وسیعی را پوشش بدهد و از فرسایش آن جلوگیری کند.

۱۶) انجام کشاورزی کانتور: کشاورزی کانتور اثرات کشاورزی ترانس را در مقیاس کوچکتر تکرار می‌کند. کشاورزی کانتور یعنی اینکه به جای کاشت محصولات زراعی در ردیف‌های عمودی مستقیم، محصولات زراعی به صورت مماس یا به موازات زمین کاشته شوند. محصولات کاشته شده در بالا و پایین تپه‌ها مسیرهایی را برای جریان آب ایجاد می‌کنند. محصولات کاشته شده به موازات زمین، جریان آب را کند کرده و بدین ترتیب از فرسایش خاک جلوگیری می‌کنند. از مزایای این روش هزینه بسیار پایین آن می‌باشد.

۱۷) کاهش سطوح غیر قابل نفوذ: سطوح غیرقابل نفوذ نظیر حیاط خلوت یا ایوان و یا حتی مسیره‌های رانندگی اجازه می‌دهد تا بارندگی به راحتی بر روی آن‌ها جریان یابد. جریان آب هنگام حرکت بر روی چنین سطحی شتاب بیشتری می‌یابد و در نتیجه می‌تواند باعث فرسایش سواحل رودخانه و سواحل دریاچه‌ای شود. می‌توان به جای صفحات بتونی از سنگ فرش کردن برای حیاط خلوت یا ایوان استفاده کرد که اجازه نفوذ آب به داخل خاک را بدهد. از مزایای این روش کاربرد آن در بسیاری از مناطق می‌باشد.

۱۸) استفاده از بشکه باران: می‌توان زیر ناودان یک بشکه قرار داد تا آبی که از سقف به حیاط یا بیرون از منزل می‌ریزد را جمع کند. سقف خانه هم یک سطح غیرقابل نفوذ محسوب می‌شود. می‌توان از آبی که جمع می‌شود برای چمن و باغ استفاده کرد. در این روش می‌توان هم در مصرف آب صرفه جویی کرد و هم محافظت از خاک را انجام داد. از مزایای این روش سادگی انجام آن می‌باشد.

۱۹) احیای تالاب‌ها: تالاب‌ها یکی از مؤثرترین راه‌های جلوگیری از فرسایش خاک هستند. تالاب‌ها به عنوان اسفنج طبیعی عمل می‌کنند، آب باران را جذب می‌کنند و از دفع آن از خاک جلوگیری می‌کنند. تالاب‌ها همچنین زیستگاهی مناسب برای پرندگان و سایر حیوانات وحشی فراهم می‌کنند و به جلوگیری از آلودگی آب نیز کمک می‌کنند. از محدودیت‌های این روش شرایط سخت احیای تالاب‌ها در مناطق مختلف می‌باشد.

۲۰) تناوب زراعی: تناوب زراعی به تغییرات و جابه‌جایی دوره‌ای محصولات زراعی بر روی یک قطعه زمین گفته می‌شود، به طوری که کشت هر گیاه زراعی در مجموع اثرات مثبتی برای تولید گیاه زراعی بعدی داشته باشد. تناوب زراعی موجب تداوم

حاصلخیزی خاک می شود و با حفاظت رطوبت خاک از فصلی به فصل دیگر از تخریب خاک جلوگیری می کند. از مزایای این روش تدام کاهش فرسایش در طول زمان می باشد.



شکل ۷- نمونه ای از تناوب زراعی

۲۱) تغذیه گیاهی به وسیله کودهای آلی: کودهای آلی شامل کودهای حیوانی، کود سبز، کمپوست و همچنین باقی مانده های گیاهی است. از آنجا که کود آلی حاصل فرآیندهای طبیعی و سازگار با محیط است هیچ گونه اثر سمی بر خاک بر جای نمی گذارد. یک درصد افزایش مواد آلی خاک، سالانه به طور متوسط به میزان ۱۰ درصد موجب کاهش فرسایش خاک می شود. افزودن مواد آلی به خاک موجب بهبود ساختمان فیزیکی خاک می شود، به توسعه راحت تر ریشه در زمین کمک می کند و مانع از هدر رفتن حاصلخیزی خاک و تشکیل روان آب می شود، تشکیل خاکدانه را بهبود می بخشد و انرژی مورد نیاز برای عملیات خاک ورزی را پایین می آورد. از مزایای این روش سازگاری بسیار بالای آن با طبیعت می باشد.

۲۲) مدیریت بهینه آب: آب از محدودیت های اصلی بخش کشاورزی است. مستندات آماری نشان می دهند که کیفیت استفاده از منابع آبی در بخش کشاورزی، از مصادیق هدر رفت این سرمایه طبیعی به شمار می رود. تلفات آب نه تنها باعث از دست رفتن آب با ارزش، بلکه باعث صدمات جدی و جانبی از قبیل شور و ماندابی شدن اراضی زراعی، فرسایش خاک، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی و نهایتاً آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی می گردد. از مزایای این روش استفاده مناسب از آب و در نهایت تاثیر قابل ملاحظه در کاهش فرسایش می باشد.

۲۳) آگروفارستری: آگروفارستری یک سیستم پایدار کاربری اراضی است که محصولات نهایی را حفظ یا افزایش می دهد و این عمل با ترکیب کردن محصولات غذایی یا کشت های یکساله با محصولات درختی و یا دام در یک واحد زمین، به طور متناوب و یا در زمان یکسان، با به کار بردن شیوه های مدیریت که مناسب ویژگی های فرهنگی - اجتماعی مردم محلی و شرایط اقتصادی و اکولوژیکی ناحیه باشد صورت می گیرد. در این روش نه تنها کنترل فرسایش خاک بلکه نگهداری خواص بیولوژیکی و شیمیایی و فیزیکی مهم خاک هم مورد نظر می باشد. آگروفارستری از دو کلمه Agro به معنای زراعت و Forest به معنای جنگل تشکیل شده است. در کل آگروفارستری به معنای زراعت در جنگل است. سیستم آگروفارستری از نظر اکولوژیکی و زراعی نسبت به دیگر سیستم های زراعی قابلیت های بیشتری دارد، در این سیستم حرکت آب و باد کاهش می یابد و فرسایش خاک به حداقل رسیده و باعث حاصلخیزی خاک می گردد. از مزایای این روش نقش قابل ملاحظه در کاهش انواع فرسایش خاک می باشد به طوری که می توان از آن به عنوان یکی از بهترین روش های کاهش فرسایش یاد کرد.

۲۴) مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز: اهداف و مقاصد مدیریت جامع حوزه آبخیز همان اهداف آبخیزداری است که از نخستین و مهمترین آن حفاظت آب و خاک است. از دیگر اهداف نیز می‌توان به مقابله با فرسایش خاک، حفظ پوشش گیاهی و غیره اشاره کرد، در واقع با توجه به تعریف مدیریت جامع حوزه آبخیز مشکلاتی که گریبان‌گیر حوزه‌های آبخیز هستند، تنها مشکلات فیزیکی نیستند، بلکه ترکیبی از عوامل بیوفیزیکی، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، سازمانی و مدیریتی بر آن اثر گذارند. می‌توان اثر خلل در هر کدام از این ابعاد را در ایجاد سیل، کاهش تولید اراضی کشاورزی، کاهش سطح جنگل‌ها، کاهش تولید محصولات شیلاتی، کاهش اراضی برای چرای دام، کاهش بهره‌وری سرمایه‌گذاری در تولید انرژی، بی‌ثمر شدن پروژه‌های پرهزینه آبیاری، مشکلات مالکیتی، و حتی به خطر افتادن سلامت انسان‌ها مشاهده کرد. از مزایای این روش کاهش انواع فرسایش خاک به صورت قطعی می‌باشد.

۲۵) وجود وزارت منابع طبیعی و محیط زیست: وجود تشکیلاتی مانند وزارت منابع طبیعی و محیط زیست می‌تواند در جلوگیری از منابع طبیعی و تخریب خاک بسیار مفید باشد. کشوری که وزارت منابع طبیعی و محیط زیست نداشته باشد در بخش مدیریتی منابع طبیعی آن کشور مشکل ساختاری و سازمانی وجود دارد، سازمان متولی منابع طبیعی به مثابه یک ظرف کوچکی است که وظایف حاکمیتی - نظارتی و اجرایی مهمی را عهده‌دار است، ولی در جایگاه واقعی خود قرار نگرفته و ساختار مناسبی ندارد. هرم مدیریتی در چنین تشکیلاتی نگرش مناسبی در زمینه منابع طبیعی ندارد و چون بستر کار مناسب نیست جذب بهینه بودجه، امکانات و تامین نیروی انسانی متخصص هم نمی‌تواند انجام شود. از مزایای این روش وجود متولی موثر و کارآمد در کاهش فرسایش و همچنین تداوم داشتن این روند کاهش می‌باشد.

توصیه ترویجی

۱- مقابله با فرسایش و حفاظت خاک امری ضروری برای همه کشورها می‌باشد که غفلت از آن در نهایت منجر به سیلاب‌های خطرناک و کاهش امنیت غذایی می‌شود. همچنین فرسایش خاک در گذشته باعث سقوط تمدن‌ها به ویژه تمدن بین‌النهرین شده است. بر اساس اطلاعات موجود روش‌های غیر سازه‌ای در مقابله با روش‌های سازه‌ای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک از نظر تعداد روش‌ها، خیلی بیشتر هستند و با توجه به هزینه بسیار پایین آنها باید در اولویت مقابله با فرسایش و حفاظت خاک قرار گیرند.

۲- می‌توان از تلفیقی از روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای مقابله با فرسایش و حفاظت خاک هم استفاده کرد.

۳- بنابراین به جد توصیه می‌شود تا آنجایی که امکان دارد از روش‌های غیر سازه‌ای استفاده شود چون روش‌های غیر سازه‌ای دخالت کمتری در طبیعت ایجاد می‌کنند و می‌توانند به نحو بهتری کمک کنند تا حوزه‌های آبخیز زودتر به تعادل اکولوژیک برسند.

فهرست منابع

- ۱- همتی، م، قاسمی، م، ۱۳۹۴. بهینه سازی روش های حفاظت خاک از طریق ترکیب عوامل موثر در فرآیند فرسایش آبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز فرحزاد)، فصلنامه اکوسیستم های طبیعی ایران، سال ششم، شماره اول و دوم بهار و تابستان، ص ۹۷-۱۱۰.
- 2- Biielders, C.L., Ramelot, C., Persoons, E. 2003. Farmer perception of runoff and erosion and extent of flooding in the silt-loam belt of the Belgian Walloon Region. *Environmental Science and Policy*, 6, 85-93.
- 3- Camp, N. G. and Daugherty, T. B. 2002. *Managing our natural resources*. (3rd ed). New York: Delmar.
- 4- Deal, J.L. 2004. Crop insurance, government agricultural policies, and soil erosion. Annual AAEA Meetings, Denver, North Carolina State University.
- 5- Duan, X., Shi, X., Li, Y., Rong, L., and Fen, D. 2017. A new method to calculate soil loss tolerance for sustainable soil productivity in farmland. *Agron. Sustain. Dev.* 37 (2).
- 6- Lal, R. 1998. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Review Plant Sci.*, 4, 319-464.
- 7- Lal, R. 2003. Cropping systems and soil quality, in: *Cropping systems: Trend and advances* (Ed A. Shrestha), 33-52, NY: Food Products Press.
- 8- Li, L., Du, S., Wu, L., and Liu, G. 2009. An overview of soil loss tolerance. *Catena* 78 (2009) 93-99.
- 9- Schwab, G. O., Frevert, R. K., Elliot, W. J. and Fangameire, D. R. 2003. *Soil and water conservation engineering*. (4th ed). New York: Wiley.
- 10- Suresh, R. 2004. *Soil and water conservation engineering*. (2nd ed). Delhi: Nemchand Jain.
- 11- Tefera, B. and Sterk, G. 2010. Land management, erosion problems and soil and water conservation in Fincha'a watershed, western Ethiopia. *Land Use Policy*, 27, 1027-1037.
- 12- Udayakumara, E.P.N., Shrestha, R.P., Samarakoon, L., Schmidt-Vogt, D. 2012. Mitigating soil erosion through farm-level adoption of soil and water conservation measures in Samanalawewa Watershed, Sri Lanka, *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 62, 273-285.