

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هشتم، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۷۹

روشهای کنترل فرسایش خاک با هدف بهره‌وری کشاورزی

دکتر وحیدرضا اوحدی*

چکیده

بارانهای موسمی به عنوان یکی از عوامل اصلی ناپایدارکننده شیروانیهای خاکی عمل می‌کند. آمار گزارش شده از این گونه خرابیها نشان می‌دهد که در سالهای گذشته این معضل یکی از مشکلات رایج در کشاورزی ایران بوده است. بنابراین، شناسایی و استفاده از روشهای کنترل فرسایش خاک می‌تواند به عنوان راه حلی اساسی در برخورد با این معضل عمل کند. این مقاله به بررسی روشهای جدید کنترل فرسایش خاک می‌پردازد که از نظر کشاورزی و اقتصادی به عنوان راه حل بهینه در نظر گرفته شده است.

اگرچه استفاده از پوششهای گیاهی مصنوعی سالها همچون راه حلی قدیمی به کار رفته است ولی در سالهای گذشته، به کارگیری روشهای جدید، در برگیرنده استفاده از پوششهای

* عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا

مصنوعی، روش بسیار مؤثر و بصره‌ای از نظر اقتصادی شناخته شده و در بسیاری از کشورهای جهان کاربرد پیدا کرده است. این مقاله به بررسی چند روش کاربردی به منظور کنترل فرسایش خاک و با هدف بهره‌وری کشاورزی می‌پردازد.

مقدمه

جلوگیری از فرسایش خاک از دو نظر اقتصادی و زیستمحیطی در خور تعمق است. از نظر اقتصادی، کنترل فرسایش خاک، بیشتر به عنوان جلوگیری از هدر رفتن خاک مستعد کشاورزی است. خاکهای مستعد کشاورزی که به طور عمده از نظر مهندسی، خاکهای ریزدانه‌اند، فرسایش‌پذیری بیشتری در مقایسه با خاکهای دانه‌ای دارند. در حقیقت خاکهای دانه‌ای در برگرفته لای، ماسه و شن به لحاظ نیروی ثقل، دیرتر فرسوده می‌شوند. بنابراین، روشهای کنترل فرسایش به طور عمده برای جلوگیری از فرسایش خاکهای ریزدانه به کار می‌روند. از نظر زیستمحیطی نیز انجام حفاریها، خاکبرداریها و خاکریزها که نتیجه مستقیم ساخت و سازهاست، بخش در خور توجهی از خاکها را مستعد فرسایش کرده است. ضمن آنکه فرسایش خاک نیز به خودی خود سبب تغییر الگوی زیستمحیطی می‌شود. از این دیدگاه نیز به نظر می‌رسد کنترل فرسایش خاک به عنوان راه‌حلی کاربردی در راستای بهره‌وری اقتصادی عمل خواهد کرد. افزون بر موارد پیشگفته، روشهایی به عنوان روشهای کاربردی در جلوگیری از فرسایش خاک پذیرفتنی خواهند بود که استفاده از آنها در درجه اول دارای توجیه اقتصادی بوده و با شرایط اقتصادی کشور ما سازگاری داشته باشد. در مجموع در این مقاله چند روش اساسی کنترل فرسایش خاک با در نظر گرفتن مجموعه نکته‌های یاد شده مورد بررسی قرار گرفته است.

عوامل مؤثر در فرایند فرسایش

عوامل مؤثر در فرایند فرسایش را می‌توان در دو محور: ۱. شرایط زیستمحیطی،

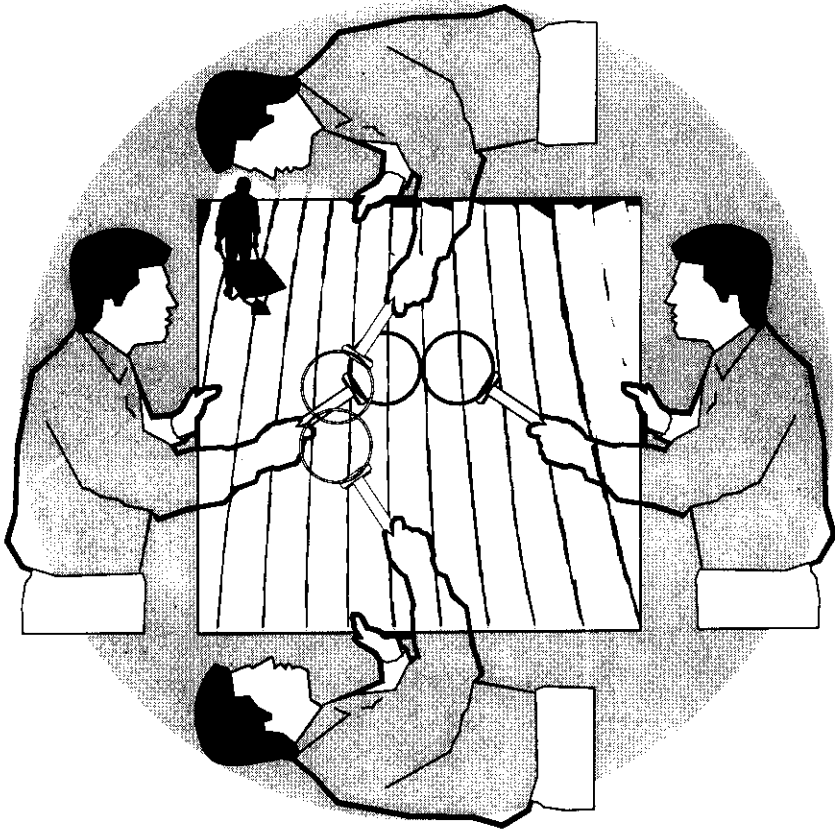
۲. خصوصیات خاک از نظر مهندسی تقسیم کرد.

از نظر شرایط زیستمحیطی خصوصیات بارش، دربرگیرنده: شکل بارندگی، شدت بارندگی، قطر قطرات باران و انرژی جنبشی باران در خور توجه است. اینگولد و تامسون (Ingold & Tamson 1990) رابطه انرژی جنبشی باران، شدت بارندگی و قطر قطرات باران را مطابق جدول شماره ۱ بیان کرده‌اند. این جدول نشان می‌دهد که توجه به انرژی جنبشی (سینتیک) باران می‌تواند به عنوان مهمترین عامل در بررسی قدرت فرسایش دهندگی باران مورد استفاده قرار گیرد.

جدول شماره ۱. رابطه انرژی جنبشی باران، شدت بارندگی و قطر قطرات باران (Ingold & Tamson 1990)

شکل بارندگی	شدت بارندگی (mm/hr)	قطر قطرات (mm)	انرژی جنبشی $j/m^2/hr$
باران ریز	< ۱	۰/۹	۲
باران سبک	۱	۱/۲	۱۰
باران متوسط	۴	۱/۶	۵۰
باران سنگین	۱۵	۲/۱	۳۵۰
باران شدید	۴۰	۲/۴	۱۰۰۰
رگبار	۱۰۰	۲/۹	۳۰۰۰
رگبار	۱۰۰	۴/۰	۴۰۰۰
رگبار	۱۰۰	۶/۰	۴۵۰۰

از نظر خصوصیات خاک نیز دو مشخصه اصلی خاک، دربرگیرنده نوع کانیهای تشکیل‌دهنده و پایداری ساختار خاک، می‌تواند به عنوان معیارهای اصلی در بررسی فرسایش پذیری خاک مورد توجه قرار گیرد. نوع کانیهای تشکیل‌دهنده از یک سو به نفوذپذیری آب در خاک مرتبط می‌شود و از سوی دیگر گویای تأثیر نیروی ثقل بر فرایند فرسایش است.



کانیهای رسی که به اصطلاح از هواز دگی شیمیایی سنگ مادر پدید می آیند. به طور عموم دارای ابعاد کوچکتر از ۲ میکرون بوده و در همین حال از نظر کشاورزی نیز دارای اهمیت اند. همچنین این کانیها نفوذپذیری کمتری در برابر آب دارند و بنابراین بارندگیهای با شدت کم نیز به آسانی بر روی این خاکها جریان می یابد و سبب فرسایش می شود. در حالی که کانیهای برگرفته از هواز دگی فیزیکی سنگ مادر، بیشتر به لحاظ اندازه، طیف وسیعی از اندازه های ۱۰۰ میکرون تا چند سانتی متر را تشکیل می دهد که از نظر بزرگی اندازه دانه ها در مقایسه با ابعاد کانیهای رسی، در برابر فرسایش نیز به کمک نیروهای ثقل مقاومت خواهد کرد. از سوی دیگر مطالعات یانگ و وارکنتین (Yong & Warkentin 1975) نشان می دهد که با افزایش هواز دگی خاک، بویژه تحت تأثیر هواز دگیهای شیمیایی، ابعاد دانه ها کوچکتر می شود. با کوچکتر شدن دانه های خاک، نه تنها قدرت نفوذ آب در خاک کاهش می یابد، بلکه از سوی دیگر دانه های کوچکتر به دلیل داشتن نیروی ثقل کمتر، مقاومت کمتری نیز در برابر نیروهای فرسایش خواهند داشت. به دیگر سخن می توان این گونه نتیجه گرفت که به هر حال وجود کانیهای رسی در خاک، شرایط بالقوه فرسایش را فراهم می کند.

ناپایداری ساختار خاک نیز از مجموعه عوامل مستعدکننده فرسایش خاک است. یکی از عملی ترین معیارهای بررسی پایداری ساختار خاک، توجه به میزان تراکم خاک مورد مطالعه و به طور مشخص، توجه به درصد تراکم نسبی خاک است. درصد تراکم نسبی که به کمک رابطه زیر تعریف می شود به مقایسه میزان تراکم خاک در محل، در مقایسه با حداکثر تراکم قابل حصول خاک می پردازد.

$$\text{درصد تراکم نسبی} = \left\{ \frac{\gamma_d(\text{Site})}{\gamma_d(\text{max.})} \right\} \times 100$$

بر اساس این رابطه، به دست آمدن درصد تراکم نسبی کمتر از ۸۰ درصد به مثابه تراکم متوسط خاک در حالت طبیعی است و چنین خاکی اصولاً در برابر نیروهای برگرفته از فرسایش، مقاومت چندانی نخواهد داشت.

تأثیر نوع کانیهای تشکیل دهنده خاک در فرسایش پذیری

تأثیر فرسایشی آبهای سطحی به دو عامل بستگی دارد؛ نخست، شدت بارندگی و دوم خصوصیات مهندسی خاک. در این زمینه توجه به خصوصیات مهندسی خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که کنترل و یا ایجاد تغییر در آن می‌تواند با در نظر گرفتن تمهیداتی صورت گیرد. هنگامی که شدت بارندگی از قدرت نفوذ آب در خاک بیشتر شود آب در سطح خاک جریان می‌یابد و ذرات آن را در جهت شیب منتقل می‌کند. این ذرات خاک ممکن است به واسطه اثر ضربه‌ای قطرات باران و یا بر اثر جریان آب در سطح، از یکدیگر جدا و مستعد انتقال شوند (Pinto et. al 1998).

همچنین مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که شدت فرسایش باران با افزایش تندی شیب و طول شیب زیاد می‌شود (Ingold & Thamson 1990). از نظر خصوصیات مهندسی خاک و تأثیر آن در فرسایش پذیری خاک، می‌توان به طور مشخص به خصوصیات کانی تشکیل دهنده خاک اشاره کرد. خاکهایی که بیشتر از کانیهای اولیه تشکیل شده‌اند، فرسایش پذیری کمتری خواهند داشت. این خاکها در اصل دارای ضریب نفوذپذیری بالایی هستند و زهکش تلقی می‌شوند. همچنین نیروی ثقل کانیهای اولیه نیز با فرسایش آنها در اثر آبهای سطحی مخالفت می‌کند. از سوی دیگر خاکهای تشکیل شده از کانیهای ثانویه که دربرگیرنده همه کانیهای رسی بوده و بیشتر نتیجه هوازدگی شیمیایی سنگ مادر است، به واسطه ریزبودن ذرات (به طور عمده در حدود یک تا پنج میکرون)، نفوذپذیری بسیار کمی دارد و برای همین بارش باریده شده بر این خاکها اثر فرسایشی بیشتری خواهد داشت. از سوی دیگر کانی رسی به واسطه داشتن سطح واحد وزن بسیار زیاد (سطح مخصوص یا سطح ویژه بسیار در مقایسه با کانیهای اولیه) قابلیت جذب آب بیشتری دارند، ضمن آنکه بر اثر جذب آب متورم می‌شوند و همین تورم سبب بسته شدن ترکهای احتمالی در خاک شده و از این نظر نیز به کاهش قدرت نفوذ آب در خاک می‌انجامد.

روشهای کاهش فرسایش پذیری خاک

هر چند بنا بر آنچه در محور قبل گفته شد به نظر می‌رسد افزایش تراکم خاک بتواند به عنوان عامل اصلی در کاهش فرسایش پذیری خاک مورد استفاده قرار گیرد، ولی از نظر کشاورزی به دست آمدن تراکم بیش از ۸۰ درصد شرایط مناسبی را برای رشد محصول فراهم نخواهد کرد. ضمن آنکه خاکهای مستعد کشاورزی اصولاً خاکهای از نوع هوازدگی شیمیایی اند و از این نظر نیز بر اساس بحث ارائه شده در محور پیشین، خاکهای مستعد هوازدگی خواهند بود. بر این اساس لازم است روشهای پیشنهادی کاهش فرسایش پذیری خاک در برگیرنده یک سری روشهای تکمیلی باشند که در همین حال لزوم وجود تراکم نسبی کم و وجود خاک تشکیل شده از کانیهای برگرفته از هوازدگی شیمیایی را در برگیرند. بر این پایه، سه روش اصلی برای کنترل و کاهش فرسایش خاکها وجود دارد. این روشها در برگیرنده: ۱. زهکشی، ۲. استفاده از پوششهای طبیعی و ۳. استفاده از پوششهای مصنوعی است که در زیر به بررسی این روشها پرداخته شده است.

زهکشی خاک به منظور کاهش فرسایش پذیری آن

یکی از روشهای کم هزینه برای کنترل فرسایش پذیری خاکها، استفاده از روشهای زهکشی خاک است. روشهای زهکشی با هدف جلوگیری از ورود آب به سطح شیروانی خاکی است. آنچه در استفاده از روشهای زهکشی لازم است مورد توجه قرار گیرد در نظر گرفتن این نکته است که در صورت اجرای غلط سیستمهای زهکشی و یا در صورت نبود کنترل و نظارت در هنگام بهره برداری، سیستمهای زهکشی ممکن است اثر معکوسی بر جلوگیری از فرسایش داشته باشند. مکانیزم چنین اثر معکوسی به صورت انتقال آب از سیستم زهکش به درون شیروانی خاکی است که در پی، به ناپایداری شیروانی می‌انجامد و در حقیقت عمل فرسایشی آب شدت می‌یابد.

استفاده از پوششهای گیاهی به منظور کنترل فرسایش خاک

یکی از روشهای متداول و بسیار موفق جلوگیری از فرسایش خاک، استفاده از پوششهای گیاهی است. پوششهای گیاهی از راه حفظ ذرات خاک، کاهش سرعت جریانهای سطحی، کاهش نیروهای دینامیکی ذرات باران و مسلح کردن خاک از راه گسترش ریشههای گیاهان در خاک، مانع فرسایش خاک می شود (Gray 1995). مطالعات نشان می دهد که می توان توان حفاظت پوششهای گیاهی را به وسیله مکانیزمهای هیدرولوژیکی بیان کرد (Greenway 1987) با آنکه پوششهای گیاهی از راه مسلح کردن خاک توانایی کاهش اثر فرسایش خاک را دارند ولی تحقیقات نشان می دهد که یکی از تأثیرات منفی استفاده از گیاهان درختی، بالا زدن ریشه ها و یا واژگونی درختان بر اثر وزش بادهای شدید است (Nolan 1981, Tschantz & Weaver 1988). جدول شماره ۲ تأثیرات منفی و مثبت پوششهای گیاهی را بر پایداری شیروانیهای خاکی نشان می دهد (Pinto et. al 1998).

بررسیها نشان می دهد که به منظور کنترل فرسایش خاک، استفاده از پوششهای گیاهی بوته ای به مراتب مؤثرتر از پوششهای گیاهی درختی است. در واقع پوششهای گیاهی بوته ای به واسطه متراکم و به هم پیوسته بودن، ضریب اطمینان پایداری شیب در برابر نیروهای فرسایشی را افزایش می دهند (Gray 1955).

یک پوشش گیاهی خوب می تواند ذرات خاک را به یکدیگر متصل کرده، زبری سطح خاک را افزایش دهد و از انرژی جنبشی باران بکاهد. چنین پوششی، همچنین آب سطحی را از راه تعریق پوشش گیاهی کاهش داده و بنابراین میزان جریان سطحی ایجاد شده را کم می کند (Pinto et. al 1998).

**جدول شماره ۲. تأثیرات پوششهای گیاهی، A: تأثیر منفی بر پایداری
شیروانی خاک، B: تأثیر مثبت بر پایداری شیروانی خاک**

نوع تأثیر	مکانیزمهای هیدرولوژیکی
B	۱. وجود برگها باعث برخورد بارش با آنها می شود. بخشی از باران به وسیله برگها جذب و بخشی از رطوبت از راه برگها تبخیر می شود و در مجموع میزان بارندگی در دسترس برای نفوذ در خاک را کاهش می دهد.
A	۲. ریشه ها و ساقه ها سبب افزایش زیری و نفوذ پذیری خاک می شوند. این امر سبب افزایش ظرفیت خاک در حفظ آب می شود.
B	۳. ریشه ها آب را از خاک به پوشش گیاهی منتقل می کند و آب به صورت تفرق وارد اتمسفر می شود. این مکانیزم سبب افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک می شود.
A	۴. خارج شدن رطوبت خاک ممکن است سبب تشدید ترکهای سطحی در خاک شود. این امر باعث افزایش توان نگاهداری آب در خاک خواهد شد.
نوع تأثیر	مکانیزمهای مکانیکی
B	۵. ریشه ها باعث مقاوم شدن خاک می شوند (نوعی از خاک مسلح). این مکانیزم موجب افزایش مقاومت برشی خاک می شود.
B	۶. ریشه های درختان ممکن است در لایه های سخت زیرین مهار شود و به صورت شمعهای کوچکی، خاک سطحی را به لایه های زیرین متصل کند.
A/B	۷. وزن درختان به صورت سربار بر شیروانی خاکی اعمال خواهد شد. این مسئله باعث افزایش مؤلفه های نیروی قائم وارد شده در جهت شیب می شود.
A	۸. پوششهای گیاهی قرار گرفته در برابر باد، نیروهای دینامیکی برگرفته از باد را به شیروانی خاکی منتقل می کنند.
B	۹. ریشه ها باعث به هم پیوستن ذرات خاک سطحی شده و فرسایش پذیری خاک را کاهش می دهند.

پوششهای مصنوعی

استفاده از پوششهای مصنوعی در سالهای گذشته در بسیاری از پروژه های مهندسی متداول شده است. حتی در مواردی که استفاده از پوششهای طبیعی مورد نظر است به عنوان یک

پوشش موقت و تا رشد کامل پوششهای گیاهی می توان از پوششهای مصنوعی استفاده کرد. پوششهای مصنوعی در دو گروه اصلی مواد مصنوعی ژئوسل و ژئومت (Geocells & Geomats) و مواد آلی بایومت (Biomats) که در طول ۱ تا ۵ سال مورد تجزیه زیستی قرار خواهد گرفت تقسیم می شوند (Cancelli et al. 1990).

ژئوسلها، ساختاری سه بعدی (شبه کندی عسل) دارند که به طور مستقیم در سطح خاک قرار گرفته و به وسیله تعدادی تسمه، در خاک محکم می شوند. پس از این کار ژئوسلها با خاک، دانه و کود پر می شوند. آب در عمل، امکان نفوذ در ژئوسل را دارد ضمن آنکه به واسطه محدود شدن ذرات خاک در درون ژئوسل، امکان شسته شدن ذرات خاک وجود نخواهد داشت. ژئومتها با ساختاری شبه ژئوسلها، بیشتر از الیفهای مصنوعی انعطاف پذیرتر ساخته شده اند.

بایومتها بیشتر از یک سری الیفهای طبیعی همچون کاه، پوشال و الیفهای نارگیل تشکیل شده اند. این الیفهای طبیعی در میان یک یا دو لایه از شبکه های ساخته شده از پلی مر سبک قرار گرفته اند و یا به صورت شبکه های بافته شده به کار می روند. با بارش باران وزن این پوششها افزایش می یابد و در عمل پایداری آنها زیاد می شود.

ویژگی اصلی پوششهای مصنوعی بالا را می توان در ۴ محور عمده خلاصه کرد: نخست، این پوششها نقش مسلح کردن خاک را بر عهده دارند و از این نظر به پایداری شیروانیهای خاکی در برابر فرسایش کمک می کنند. دوم، این پوششها از جریان آبهای سطحی بر سطح شیروانی خاک جلوگیری می کنند. سوم، این پوششها قدرت ضربات دینامیکی باران در لحظه برخورد با شیروانی را کاهش می دهند و چهارم آنکه این پوششها با جذب آب سنگین شده و پایداری شیروانی را در برابر حرکت فرسایش آب افزایش می دهند.

نتیجه گیری

فرسایش شیروانیهای خاکی به عنوان معضل بزرگ در کشاورزی ایران مطرح بوده

است. نتیجه این فرایند، در درجه اول، به هدر رفتن خاک قابل کشت است. به کارگیری روشهای جلوگیری از فرسایش خاک می تواند قدمی اساسی در راستای بهره‌وری اقتصادی باشد. این امر یک مطالعه توأم اقتصادی، کشاورزی و مهندسی را می‌طلبد که استفاده از پوششهای مصنوعی می‌تواند به عنوان گامی اساسی در این زمینه تلقی شود. ضمن آنکه استفاده از پوششهای یاد شده می‌تواند به عنوان مکمل و همراستای با پوششهای طبیعی به کار رود.

منابع

1. Cancelli, A., Monti, R. & Rimoldi, P. "Comparative study of geosynthetics for Erosion Control", 4th International Conference on Geotextiles Geomembranes and Related Products, The Hague, Vol. 1, pp. 403 - 408.
2. Greenway, D. R., "Vegetation and slop stability", slop stability, geotechnical engineering and geomorphology, Edited by Anderson, M.G. and Richards, K.S. John Wiley & Sons, Great Britan, 1992.
3. Nolan, M.F., "Vegetation on corps of engineer project levees in the Sactamento - San Joaquin Valley, California", California Riparian Systems Conference, Edited by Warner, R.E. and Hendrix, K.M. University of California, Davis, 1981.
4. Ingold, T.S., and Thamson, J.C. "A design approach for performed erosion control", the 4th International Conference on Geotextiles Geomembranes and Related Products, The Hague, Vol. 1, pp. 375 - 380, 1990.

5. Pinto, M.I.M., Goncalves, I.M.D.C.F., and Correia, A.A.S., "Techniques for soil erosion control", 2nd International Conference on Ground Improvement Techniques, pp. 385 - 390, 1998, Singapore.
6. Gray, D.H., "Influence of vegetation on the stability of slopes", Vegetation and Slopes: Stabilization, Protection and Ecology, Institute of Civil Engineeres, Thomas Telford, 1995, pp. 190 - 201.
7. Tschantz, B.H., and Weaver, J.D. "Tree growth on earthen dams: A Survey of State Policy and Practice", Civil Engineering Department, Univercity of Tennessee, 36 pp., 1998.
8. Yong, R.N. and Warkentin, B.P., "Soil properties and behaviour". Scientific Publishing Company, Elsevier, 1975.