اقتصادکشاورزی 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 بوعلی‌سینا

مصنوعی، روش بسیار مؤثر و بصرفه‌ای 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 برگیرنده 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 خاکریزیها 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. افزون‌بر 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،

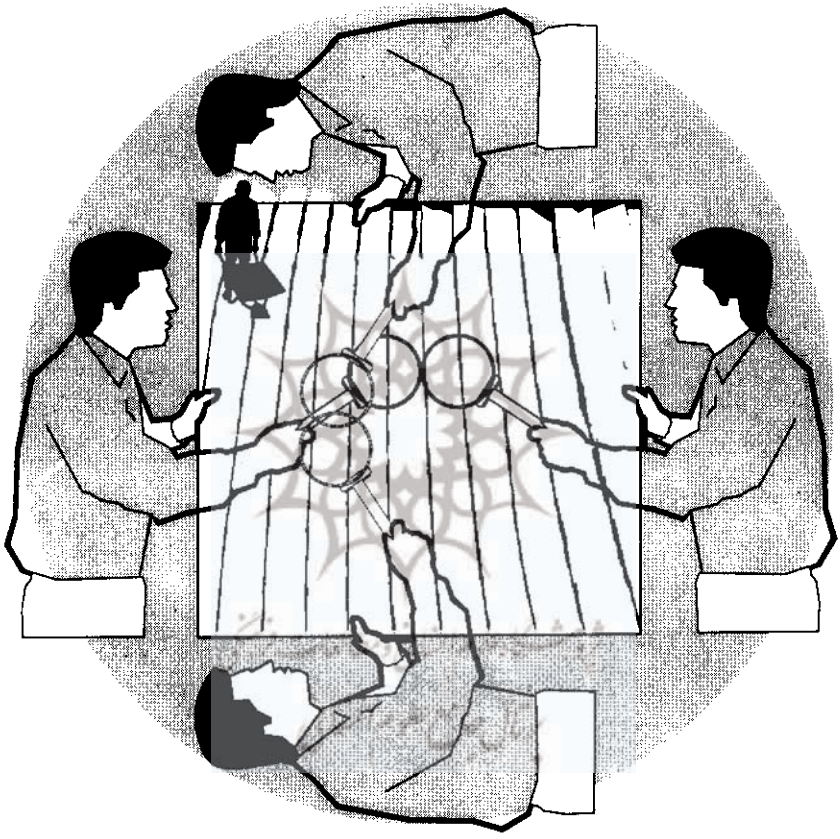
۲. خصوصیات خاک از نظر مهندسی تقسیم کرد.

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 هوازدگی شیمیایی سنگ مادر پدید می‌آیند. به طور عموم دارای ابعاد کوچکتر از ۲ میکرون بوده و در همین حال از نظر کشاورزی نیز دارای اهمیت‌اند. همچنین این کانیها نفوذپذیری کمتری در برابر آب دارند و بنابراین بارندگیهای با شدت کم نیز به آسانی بر روی این خاکها جریان می‌یابد و سبب فرسایش می‌شود. در حالی که کانیهای برگرفته از هوازدگی فیزیکی سنگ مادر، بیشتر به لحاظ اندازه، طیف وسیعی از اندازه‌های ۱۰۰ میکرون تا چند سانتی‌متر را تشکیل می‌دهد که از نظر بزرگی اندازه دانه‌ها 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 می‌دهد که با افزایش هوازدگی خاک، بویژه تحت تأثیر هوازدگیهای شیمیایی، ابعاد دانه‌ها کوچکتر می‌شود. با کوچکتر شدن دانه‌های خاک، نه تنها قدرت نفوذ آب در خاک کاهش می‌یابد، بلکه از سوی دیگر دانه‌های کوچکتر به دلیل داشتن نیروی ثقل کمتر، مقاومت کمتری نیز در برابر نیروهای فرسایش خواهند داشت. به دیگر سخن می‌توان این گونه نتیجه گرفت که به هر حال وجود کانیهای رسی در خاک، شرایط بالقوه فرسایش را فراهم می‌کند.

ناپایداری ساختار خاک نیز از مجموعه عوامل مستعدکننده فرسایش خاک است. یکی از عملی‌ترین 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 می‌شود به مقایسه میزان تراکم خاک در محل، در مقایسه با حداکثر تراکم قابل حصول خاک می‌پردازد.

$$\text{درصد تراکم نسبی} = \{ \gamma\, d(\text{Site}) / \gamma\, d(\text{max.}) \} \times ۱۰۰$$

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 تشکیل‌دهنده خاک در فرسایش‌پذیری

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 قدرت فرسایش باران با افزایش تندی شیب و طول شیب زیاد می‌شود (Ingold & Thamson 1990). از نظر خصوصیات مهندسی خاک و تأثیر آن در فرسایش‌پذیری خاک، می‌توان به طور مشخص به خصوصیات کانی تشکیل‌دهنده خاک اشاره کرد. خاکهایی که بیشتر از کانیهای اولیه تشکیل شده‌اند، فرسایش‌پذیری کمتری خواهند داشت. این خاکها در اصل دارای ضریب نفوذپذیری بالایی هستند و زهکش تلق 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 کانی‌رسی 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 فرسایش‌پذیری خاک

هر چند بنابر آنچه در محور قبل گفته شد به نظر می‌رسد افزایش تراکم خاک بتواند به عنوان عامل اصلی در کاهش فرسایش‌پذیری 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 شیمیایی‌اند 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 فرسایش‌پذیری 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 فرسایش‌پذیری آن

یکی از روشهای کم هزینه برای کنترل فرسایش‌پذیری 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 بهره‌برداری، 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 می‌شود (Gray 1995). مطالعات نشان می‌دهد که می‌توان 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 می‌دهد که یکی از تأثیرات منفی استفاده از گیاهان درختی، بالا زدن ریشه‌ها 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 می‌دهد (Pinto et. al 1998).

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

یک پوشش گیاهی خوب می‌تواند 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 می‌کند (Pinto et. al 1998).

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

مکانیزمهای هیدرولوژیکی	نوع تأثیر
۱. وجود برگها باعث برخورد بارش با آنها می‌شود. بخشی از باران به وسیله برگها جذب و بخشی از رطوبت از راه برگها تبخیر می‌شود و در مجموع میزان بارندگی در دسترس برای نفوذ در خاک را کاهش می‌دهد.	B
۲. ریشه‌ها و ساقه‌ها سبب افزایش زبری و نفوذپذیری خاک می‌شوند. این امر سبب افزایش ظرفیت خاک در حفظ آب می‌شود.	A
۳. ریشه‌ها آب را از خاک به پوشش گیاهی منتقل می‌کند و آب به صورت تعرق وارد اتمسفر می‌شود. این مکانیزم سبب افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک می‌شود.	B
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.	A
مکانیزمهای مکانیکی	**نوع تأثیر**
۵. ریشه‌ها باعث مقاوم شدن خاک می‌شوند (نوعی از خاک مسلح). این مکانیزم موجب افزایش مقاومت برشی خاک می‌شود.	B
۶. ریشه‌های درختان ممکن است در لایه‌های سخت زیرین مهار شود و به صورت شمعهای کوچکی، خاک سطحی را به لایه‌های زیرین متصل کند.	B
۷. وزن درختان به صورت سربار بر شیروانی خاکی اعمال خواهد شد. این مسئله باعث افزایش مؤلفه‌های نیروی قائم وارد شده در جهت شیب می‌شود.	A/B
۸. پوششهای گیاهی قرار گرفته در برابر باد، نیروهای دینامیکی برگرفته از باد را به شیروانی خاکی منتقل می‌کنند.	A
۹. ریشه‌ها باعث به هم پیوستن ذرات خاک سطحی شده و فرسایش‌پذیری خاک را کاهش می‌دهند.	B

پوششهای مصنوعی

استفاده از پوششهای مصنوعی در سالهای گذشته در بسیاری از پروژه‌های 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 می‌توان 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 می‌شوند (Cancelli et al. 1990).

ژئوسل‌ها، ساختاری سه بعدی (شبیه کندوی عسل) دارند که به طور مستقیم در سطح خاک قرار گرفته و به وسیله تعدادی تسمه، در خاک محکم می‌شوند. پس از این کار ژئوسل‌ها با خاک، دانه و کود پر می‌شوند. 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 شبیه ژئوسل‌ها، بیشتر از الیافهای مصنوعی انعطاف‌پذیرتر ساخته شده‌اند.

بایومت‌ها بیشتر از یک سری الیافهای طبیعی همچون کاه، پوشال و الیافهای نارگیل تشکیل شده‌اند. این الیافهای طبیعی در میان یک یا دو لایه از شبکه‌های ساخته شده از پلی‌مر سبک قرار گرفته‌اند و یا به صورت شبکه‌های بافته شده به کار می‌روند. با بارش باران وزن این پوششها افزایش می‌یابد و در عمل پایداری آنها زیاد می‌شود.

ویژگی اصلی پوششهای مصنوعی بالا را می‌توان 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 می‌کنند. دوم، این پوششها از جریان آبهای سطحی بر سطح شیروانی خاک جلوگیری می‌کنند. سوم، این پوششها قدرت ضربات دینامیکی باران در لحظه برخورد با شیروانی را کاهش می‌دهند و چهارم آنکه این پوششها با جذب آب سنگین شده و پایداری شیروانی را در برابر حرکت فرسایش آب افزایش می‌دهند.

نتیجه‌گیری

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 می‌تواند 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 تلق 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 Joaquim 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 slops", 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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی