فروسایی خاک: چالش جهانی

جلد اول

تراکم، سخت شوندگی، شرایط ماندابی

فواد تاجیک

کارشناس ارشد خاکشناسی، عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،

کرج، بلوار شهید فهمیده، روبروی بانک کشاورزی، صندوق پستی ۸۴۵-۳۱۵۸۵

تلفن: ۲۷۰۵۲۴۲ و ۲۷۰۵۳۲۰ و ۲۷۰۸۳۵۹ فاکس: ۲۷۰۶۲۷۷

نشر با ذکر منبع، آزاد است.

به نام خداوند جان آفرین

آنچه در دست دارید، قرار بود کتابی شود در باره فروسایی یـا تخریـب خـاک و در زمـره انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی منتشر گردد. بد عهدی ها مانع این کار و دانشگاه صنعتی اصفهان مقـصد بعـدی ایـن نوشـتار شـد کـه آن هـم بـی سرانجام ماند. پس از گذشت سالها، راهی بهتر از نشر آن در دنیای وب نیافتم که بـی شباهت به تیر در تاریکی نیست. امیدوارم حاصل چند سال کوشش من مخاطب خـود را بیابد و هدف اولیه که نشر دانش بود، حاصل آید.

ذکر نام نویسنده ای تنها در عنوان، به آن معنا نیست که از یاری دیگران محروم بوده ام. ویرایش متن، ابتدا با دقت تحسین برانگیز استاد گرامی آقای دکتر حمید سیادت صورت گرفت و سپس آقای دکتر محمد علی حاج عباسی بر غنای آن افزودند و از کژی هایش کاستند. اگر نام این بزرگواران بر تارک این متن نیامـد از آن جهـت اسـت کـه هرگونه مسئولیت و عواقب نشر الکترونیکی بر عهده نویسنده بماند و از شـائبه سـوء استفاده از نام آنان بر حذر باشم. در نهایت، آنچه می بینیـد همچنـان نیازمنـد بـه روز رسانی، تکمیل و تنقیح است که به یاری حق توسط نویسنده یا خوانندگان علاقمنـد و صاحبنظر انجام خواهد شد.

پراکنده ساختن این کتاب به هـر شـکل ممکـن آزاد اسـت، بـه امیـد آنکـه باقیـات صالحاتی برای نویسنده به شمار آید.

فؤاد تاجیک

به نام خداوند جان و خرد

پیشگفتار

خاک زنده که همچون پوست تن، سپری برای پیکر زمین است، در معرض فروسایی فزاینده قرار گرفته است. چه کسی می داند که با انهدام این سپر، بر سر پیکر بی دفاع زمین چه خواهد آمد؟

اهمیت و اولویت توجه به فروسایی شتابنده خاک همتراز با ضرورت توجه به معضلاتی مانند گرم شدن کره زمین و نابودی تنوع زیستی است، اما متاسفانه آگاهی و هشیاری کافی در مورد این پدیده وجود ندارد. فروسایی خاک با محورهای توسعه پایدار (نظیر فقر، رشد جمعیت ، امنیت غذایی و تخریب منابع) پیوندهایی تنگاتنگ دارد اما متناسب با اهمیت آنها پیگیری نشده است. شاید آموخته ایم تا نسبت به بحران های جاری و فوری واکنش نشان دهیم (هرچند که اغلب دیرهنگام و کم اثر است) اما باید توجه داشت که اثرات دراز مدت فروسایی خاک اغلب شدیدتر و بیشتر از هزینه ها و آثار مستقیم آن و از دست رفتن درآمد مورد انتظار فعلی است. فروسایی خاک مانند یک بمب ساعتی عمل می کند. هنگامی که شرایط خاک به حد بحرانی می رسد، اصلاح آن به آسانی امکان پذیر نخواهد بود.

به گزارش برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP, 2001) تقریبا دو میلیارد هکتار از اراضی جهان (معادل مساحت آمریکا و کانادا) به نحوی در معرض فروسایی خاک ناشی از فعالیت های انسان قرار دارد که زندگی نزدیک به یک میلیارد نفر را در خطر قرار داده است. افزون بر این، در هر سال ۲۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی غیر قابل بهره برداری شده یا فدای توسعه فضای شهری می گردد. در جنوب آسیا، هزینه سالانه فروسایی خاک در حدود ۱۰ میلیارد دلار برآورده شده که معادل ۷ درصد تولید ناخالص داخلی (GDP) این کشورها است. در آفریقا، مقدار متوسط کاهش تولید کشاورزی در اثر فروسایی خاک در حدود ۸ درصد است که تا سال ۲۰۲۰ ممکن است به ۱۶ درصد برسد. به گزارش بانک جهانی (ایسنا- اردیبهشت۱۳۸۵) خسارت سالیانه تخریب اراضی در ایران معادل ۱/۷ درصد GDP (۱/۸٤ میلیارد دلار) است که به اندازه کافی هشدار دهنده هست لیکن ما همچنان تماشاگر مانده ایم: " چند تن خواب آلود، چند تن ناهشیار، ...".

این کتاب تلاشی است برای ایجاد هشیاری و آغاز عمل برای مقابله با چالشی که حیات انسانی به آن وابسته است و در صورت تاخیر در اقدام شاید هیچگاه جبران پذیر نباشد. بنای اولیه این کتاب، نشریه ای است تحت عنوان فروسایی خاک (Soil Degradation) از مجموعه Advances in Soil Science که در سال ۱۹۹۰ منتشر شده است. طی چند سال پس از تهیه برگردان اولیه، مطالب آن حک و اصلاح شده و نهایتا با افزودن مطالب جدیدتر، در چند مرحله مجددا تدوین شده است. کتاب شامل سه مجلد خواهد بود که اکنون جلد اول آن شامل تراکم خاک، خاک های سخت شونده و خاک های ماندابی تقدیم می گردد. فصل مربوط به خاک های سخت شونده پس از گذشت سال ها همچنان منحصر به فرد و ارزشمند است و می تواند الگویی برای شناسایی، طبقه بندی، ارزیابی و اصلاح خاک های سخت شونده در ایران محسوب گردد که تاکنون به طور مدون صورت نگرفته است. فصل های دیگر این کتاب ممکن است نمونه های مشابهی در دنیای نشر داشته باشند اما آنچه بر ارزش کتاب می افزاید نگرش سیستمی حاکم بر محتوا و تاکید بر نگاه جامع به معضل فروسایی خاک است. مجلدات بعدی شامل جنبه های مختلف فروسایی شیمیایی (مانند شرایط شور و سدیمی)، فرسایش آبی و بادی، آلودگی خاک و فروسایی زیستی خواهد گردید.

نویسندگان امیدوارند که این کتاب مخاطبان خود را یافته و هدف از نگارش آن در آینده نزدیک حاصل گردد. دریافت دیدگاه کارشناسان و صاحبنظران در مورد محتوای جلد اول کتاب و پیشنهادات در مورد جلدهای بعدی آن، آرزوی مشتاقانه نویسندگان است.

فصل اول – فروسایی خاک: یک تهدید جهانی

۱-۱- تعریف

فروسایی یا تخریب خاک[1] یکی از بزرگترین چالش های رویاروی بشر کنونی است. گر چه قدمت این مسئله به اندازه آغاز کشاورزی است، اما گسترش و تاثیر آن بر رفاه انسانی و محیط زیست جهانی در حال حاضر بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. فروسایی خاک دست کم به دو علت موجب نگرانی عمده‌ای گشته است. اول آنکه فروسایی خاک ظرفیت تولید زیست بوم را تحلیل می‌برد، دوم آنکه به واسطه تغییر موازنه آب و انرژی و اختلال در چرخه کربن، نیتروژن، گوگرد و عناصر دیگر، بر اقلیم جهانی اثر می گذارد. فروسایی خاک با اثر گذاری بر تولید کشاورزی و محیط زیست منجر به ناپایداری سیاسی و اجتماعی، افزایش شدت جنگل زدایی، استفاده فشرده از اراضی حساس و حاشیه ای، افزایش رواناب و فرسایش تشدیدی خاک، آلودگی منابع آب طبیعی و انتشار گازهای گلخانه ای در اتمسفر می‌گردد. در حقیقت، فروسایی خاک بر ساختار وجودی نوع بشر اثر می‌گذارد.

فروسایی خاک به صورت «زوال کیفیت خاک به سبب کاربرد نادرست آن به وسیله انسان» تعریف شده است. فروسایی یا تخریب به معنای تغییر زیان آور صفاتی است که منجر به کاهش ظرفیت عمل پدیده می گردد. لذا تخریب خاک به صورت تغییرات زیان آور ویژگی ها و فرایندهای خاک در طول زمان تعریف شده است (لعل و استوارت، ۱۹۹۰). این تغییرات زیان آور ممکن است با ایجاد آشفتگی در تعادل پویای خاک با محیط پیرامون آن توسط عوامل طبیعی یا انسانی آغاز گردد. آشفتگی های طبیعی (مانند تغییرات پوشش گیاهی، یخبندان، تغییرات اقلیمی) معمولاً کند هستند (به جز پدیده هایی مانند فعالیت های تکتونیک و آتشفشانی) و خاک معمولاً می تواند آنها را تعدیل کرده یا با شرایط جدید سازگار کند. اما اثر فعالیت های انسان معمولاً سریع بوده و تعادل ظریف میان خاک و محیط اطراف آن را بر هم می زند و منجر به تغییرات شدید در ویژگی ها و فرایندهای خاک می‌گردد.

۱-۲- گستره جغرافیایی فروسایی خاک

هزاران سال است که فروسایی خاک بشر را دچار مشکل کرده است. بسیاری از تمدن های باستانی‌در اراضی حاصلخیز رشد و گسترش یافته اند؛ اما با کاهش حاصلخیزی خاک، فرهنگ‌ها و تمدن‌های

1- Soil degradation

وابسته به آن نیز رو به زوال نهادند. شواهد باستان شناختی نشان داده اند که فروسایی خاک باعث نابودی تمدن هاراپان در غرب هند، بین النهرین در غرب آسیا و فرهنگ مایایی در آمریکای مرکزی شده است. طی هزاره های گذشته حدود دو میلیارد هکتار از اراضی حاصلخیز جهان در اثر فرایندهای فروسایی خاک از حیّز انتفاع خارج شده اند (UNEP, 1986). افزون بر این، سرعت فعلی فروسایی خاک در حدود ۵ تا ۷ میلیون هکتار در سال تخمین زده شده که ممکن است تا پایان قرن بیستم به حدود ۱۰ میلیون هکتار در سال برسد (FAO/UNEP, 1983).

مروری بر اثرات فروسایی خاک نشان می دهد که در نیمه دوم قرن بیستم، ۱/۹ میلیارد هکتار (حدود ۱۵ درصد) از اراضی قابل کشت جهان به واسطه فعالیت انسان در معرض فروسایی متوسط تا شدید قرار گرفته است (لی و همکاران، ۱۹۹۸). در آفریقا، ۳۲۱ میلیون هکتار (۱٤/٤ درصد) از کل اراضی قابل کشت در معرض فروسایی متوسط تا شدید قرار داشته و ۱۷٤ میلیون هکتار باقی مانده در معرض فروسایی خفیف قرار دارند (اولدمن و همکاران، ۱۹۹۱). طی دهه ۱۹۳۰، مقدار فروسایی خاک در آمریکا ۳۰ میلیون هکتار برآورد گردیده است. همچنین، ۳۰ میلیون هکتار از اراضی آسیب دیده از فرسایش آبی شناسایی شد که در حال حاضر با استفاده از فناوری های جدید احیا شده اند (جدول های ۱ و ۲).

جدول ۱- میزان فروسایی خاک در اثر فعالیت های انسان در سطح جهان (۷۲ درجه شمالی تا ۵۷ درجه جنوبی) (اولدمن و همکاران، ۱۹۹۱).

نام قاره	تخریب خاک در اثر فعالیت های انسان (میلیون هکتار)	درصد از کل اراضی
آفریقا	٤۹٤	۱٦/۷
آسیا	۷٤۸	۱۷/٦
آمریکای جنوبی	۲٤۳	۱۳/۷
آمریکای مرکزی	٦۳	۲۰/٦
آمریکای شمالی	۹۵	۵/۰
اروپا	۲۱۹	۳۳/۷
استرالیا	۱۰۳	۱۱/۷
جهان	۱۹٦٤	۱۵/۱

جدول ۲– **وسعت و شدت انواع فروسایی خاک در جهان (میلیون هکتار) به تفکیک قاره ها**(اولدمن و همکاران، ۱۹۹۱).

	خفیف	**متوسط**	**شدید**	**بسیار شدید**	**درصد از کل اراضی تخریب شده جهان**	**کل**	**درصد قاره ای تخریب شده**	**درصد از کل اراضی جهان**	
فرسایش آبی	۱۲٤/٥	۲٤۱/۷	۷۳/٤	–	۲۲/٤	٤٤۰/٦	۱۰/٤	۳/٤	آسیا
	٥۷/٥	٦۷/٤	۹۸/۳	٤/۲	۱۱/٦	۲۲۷/٤	۷/۷	۱/۷	آفریقا
	٦۰/۲	۱۳۳/٥	۳٥/٥	–	۱۱/۷	۲۲۹/۳	٥/۸	۱/۸	آمریکا
	۲۱/٤	۸۱/۰	۹/۸	۲/٤	٥/۸	۱۱٤/٥	۱۲/۱	۰/۸۸	اروپا
	۷۹/٤	۳/۲	۰/۲	–	٤/۲	۸۲/۸	۹/٤	۰/٦٤	استرالیا
فرسایش بادی	۱۳۲/٤	۷٥/۱	۱٤/٥	۰/۲	۱۱/۳	۲۲۲/۲	٥/۲	۱/۷	آسیا
	۸۸/۳	۸۹/۳	۷/۹	۱/۰	٤/٤	۱۸٦/٥	٦/۳	۱/٤	آفریقا
	۲۸/٤	٥۰/۹	۰/٥	–	٤/۱	۷۹/۸	۲/۰	۰/٦۱	آمریکا
	۳/۲	۳۸/۲	–	۰/۷	۲/۲	٤۲/۲	٤/٤	۰/۳۲	اروپا
	۱٦/۳	–	۰/۱	–	۰/۸٤	۱٦/٤	۱/۹	۰/۱۳	استرالیا
فروسایی شیمیایی	۳۱/۸	۲۱/٥	۱۹/٥	۰/٤	۳/۷	۷۳/۲	۱/۷	۰/٥٦	آسیا
	۲٦/۰	۲۷/۰	۸/٦	–	۳/۱	٦۱/٥	۲/ ۱	۰/٤۷	آفریقا
	۲٦/۸	۳۷/۱	۱۳/٤	–	۳/۹	۷۷/۳	۱/۹	۰/٥۹	آمریکا
	۸/۱	۱۷/۱	۰/٦	–	۱/۳	۲٥/۸	۲/۷	۰/۲۰	اروپا
	۰/۲	۰/۷	–	۰/٤	۰/۰۷	۱/۳	۰/۱٥	۰/۰۰۹	استرالیا
فروسایی فیزیکی	٥/۷	٦/۰	۰/٤	–	۰/٦۲	۱۲/۱	۰/۲۸	۰/۰۹	آسیا
	۱/۸	۸/۱	۸/۸	–	۰/۹٥	۱۸/۷	۰/٦۳	۰/۱٤	آفریقا
	۸/۱	٤/٦	۱/۱	–	۰/۷۰	۱۳/۸	۰/۳٥	۰/۱۱	آمریکا
	۲۷/۹	۸/۱	۰/٤	–	۱/۸	۳٦/٤	۳/۸	۰/۲۸	اروپا
	۰/۷	–	۱/٦	–	۰/۱۲	۲/۳	۰/۲٦	۰/۰۲	استرالیا

با توجه به این آمار، اقدام فوری جامعه جهانی برای مقابله با فروسایی خاک ضرورت می یابد. برنامه ریزان باید با ارائه سیاست های مناسب برای بازسازی زیست بوم دستکاری شده بکوشند و اطمینان یابند که روش‌های حفاظتی موثر برای نگهداشت و افزایش حاصلخیزی اراضی موجود فراهم گشته است.

آمارهای متفاوتی در مورد گسترش و شدت فروسایی خاک وجود دارد. برخی آمارها حاکی از آن است که جهان به راستی در حال از دست دادن خاک های با کیفیت می‌باشد. اگر چنین است، چرا برخی برنامه‌ریزان، فوریتی برای اقدام قایل نیستند. پاسخ به این سئوال مستلزم تفکیک گمان‌ها از حقایق، دستیابی به آمارهای معتبر

در مورد گسترش و شدت تخریب خاک و فرایندهای گوناگون و روابط علت و معلولی آن، و شناسایی اثر اصلاحی کاربری اراضی و راهبردهای مختلف مدیریت خاک- پوشش گیاهی- آب می‌باشد.

در حال حاضر اطلاعات ذهنی و کیفی جمع‌آوری شده با روش‌های غیر استاندارد بایستی با اطلاعات عینی و کمّی به دست آمده از روش‌های استاندارد جایگزین شده و با اندازه گیری‌های میدانی اصلاح گردد. نمونه قابل ذکر، روش GLASOD [1] است که توسط ISRIC [2] و با همکاری FAO و UNEP در آغاز دهه نود برای ارزیابی و برآورد تخریب خاک در سطح جهان ارائه و نتایج آن بر مبنای نظرات کارشناسی ۲۵۰ نفر از صاحب نظران برای ۲۱ منطقه جهان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰۰ ارائه گردید (اولدمن و همکاران، ۱۹۹۱). جدول های ۳ و ٤ نمونه ای از داده های این روش می باشد.

جدول ۳- شدت فروسایی خاک در اثر فعالیت های انسان (میلیون هکتار) در جهان به تفکیک عوامل (اولدمن و همکاران، ۱۹۹۱).

		خفیف	متوسط	شدید	بسیار شدید	کل
	تلفات خاک سطحی	۳۰۱/۲	٤٥٤/٥	١٦١/٢	۳/۸	۹۲۰/۳
فرسایش	تغییر شکل اراضی	٤۲/۰	۷۲/۲	٥٦/۰	۲/۸	۱۷۳/۳
آبی	کل	۳٤۳/۲	٥۲٦/۷	۲۱۷/۲	٦/٦	۱۰۹۳/۷ (٪ ٥٥/٦)
	تلفات خاک سطحی	۲۳۰/٥	۲۱۳/٥	۹/٤	۰/۹	٤٥٤/۲
	تغییر شکل اراضی	۳۸/۱	۳۰/۰	١٤/٤	–	۸۲/٥
فرسایش بادی	کندن خاک	–	۱۰/۱	۰/٥	۱/۰	۱۱/٦
	کل	۲٦۸/٦	۲٥۳/٦	۲٤/۳	۱/۹	٥٤۸/۳ (٪ ۲۷/۹)
	تلفات عناصر غذایی و یا مواد آلی	٥۲/٤	٦۳/۱	۱۹/۸	–	۱۳٥/۳
	شور شدن	۳٤/۸	۲۰/٤	۲۰/۳	۰/۸	۷٦/۳
فروسایی	آلودگی	٤/ ۱	۱۷/۱	۰/٥	–	۲۱/۸
شیمیایی	اسیدی شدن	۱/۷	۲/۷	۱/۳	–	٥/۷
	کل	۹۳/۰	۱۰۳/۳	٤۱/۹	۰/۸	۲۳۹/۱ (٪ ۱۲/۲)
	تراکم	۳٤/۸	۲۲/۱	۱۱/۳	–	٦۸/۲
فروسایی	شرایط ماندابی	٦/۰	۳/۷	۰/۸	–	۱۰/٥
فیزیکی(بدون	نشست خاک‌های آلی	۳/٤	۱/۰	۰/۲	–	٤/٦
فرسایش)	کل	٤٤/۲	۲٦/۸	۱۲/۳	–	۸۳/۳ (٪ ٤/۲)
کل		**۷٤۹/۰** (٪ ۳۸/۱)	**۹۱۰/٥** (٪ ٤٦/٤)	**۲۹٥/۷** (٪ ۱٥/۱)	**۹/۳** (٪ ۰/٥)	**۱۹٦٤/٤ (٪ ۱۰۰)**

[1] Global Assessment of Soil Degradation
[2] International Soil Reference and Information Center

جدول ٤- شدت فروسایی خاک در اثر فعالیت های انسان (میلیون هکتار) در آسیا به تفکیک عوامل(اولدمن و همکاران، ۱۹۹۱).

		خفیف	متوسط	شدید	بسیار شدید	کل
فرسایش آبی	تلفات خاک سطحی (فرسایش ورقه‌ای)	۹۹/۸	۲۱۵/۰	۵۰/۵	–	۳٦۵/۲
	تغییر شکل‌اراضی (فرسایش شیاری و آبکندی)	۲٤/۷	۲٦/۷	۲۲/۹	–	۷٤/٤
	کل	۱۲٤/۵	۲٤۱/۷	۷۳/٤	–	٤٤۰/٦ (٪ ۵۹)
فرسایش بادی	تلفات خاک سطحی (عمدتاً در مناطق خشک و نیمه خشک)	۱۱٦/۷	٤۸/۹	–	۰/۲	۱٦۵/۸
	تغییر شکل اراضی (تپه‌های شنی)	۱۵/۷	۱۷/۳	۱٤/۵	–	٤۷/۵
	کندن خاک از جایی و انباشتن آن در جای دیگر	–	۸/۹	–	–	۸/۹
	کل	۱۳۲/٤	۷۵/۱	۱٤/۵	۰/۲	۲۲۲/۲ (٪ ۳۰)
فروسایی شیمیایی	تلفات عناصر غذایی و یا مواد آلی	٤/٦	۹/۰	۱/۰	–	۱٤/٦
	شور شدن	۲٦/۸	۸/۵	۱۷/۰	۰/٤	۵۲/۷
	آلودگی	–	۱/۵	۰/۳	–	۱/۸
	اسیدی شدن	۰/٤	۲/۵	۱/۲	–	٤ /۱
	کل	۳۱/۸	۲۱/۵	۱۹/۵	۰/٤	۷۳/۲ (٪ ۱۰)
فروسایی فیزیکی(بدون فرسایش)	تراکم	٤/٦	۵/۰	۰/۲	–	۹/۸
	شرایط ماندابی	۰/٤	–	–	–	۰/٤
	نشست خاک‌های آلی	۰/۷	۱/۰	۰/۲	–	۱/۹
	کل	۵/۷	٦/۰	۰/٤	–	۱۲/۱ (٪ ۲)
کل		**۲۹٤/۵**	**۳٤٤/۳**	**۱۰۷/۷**	**۰/۵**	**۷٤۷/۰**
		(٪ ۳۹)	**(٪ ٤٦)**	**(٪ ۱٤)**	**(٪ ۱)**	**(٪ ۱۰۰)**

این روش همچنان روشی کیفی و کوچک مقیاس است و با میزان بهره وری کاربری های مختلف اراضی یا گزینه های مدیریت خاک نیز مرتبط نشده است. ایراد ذاتی این روش تنها با پایه گذاری روشی بر مبنای مطالعه واحد پدون[1] و یا منظر خاک[2] و سپس بزرگ کردن مقیاس مطالعه با استفاده از GIS[3] قابل رفع می باشد (لعل و همکاران، ۲۰۰٤).

یکی دیگر از مشکلات این آمار، ابهام در مفهوم فروسایی خاک است. چنین ابهامی در صورت ارائه تعریف دقیقی از مقادیر بحرانی ویژگیهای اصلی خاک که فراتر از آنها رشد محصولات زراعی امکان پذیر نیست، قابل رفع می باشد. این مقادیر بحرانی بسته به نوع خاک، نوع استفاده از اراضی، سیستم های زراعی، شرایط اقلیمی و محیط های

[1] Pedon
[2] Soil scape
[3] Geographic Information System

آگرواکولوژیک، تغییر می‌کند. برای مثال، دقیقاً مشخص نیست که حد بحرانی مقدار موادآلـی هوموسـی شـده کـه در مقادیر کمتر از آن، ساختمان خاک فرو می پاشد در گروه‌های بزرگ خاک های جهان چقدر است.

۱-۳- فرایندها، عوامل و علل فروسایی خاک

فروسایی خاک نتیجه ای از فعالیت های تهی ساز و زیان‌بار انسان ها و اثر متقابل آن با محیط طبیعی اسـت. فرایندهای فروسایی خاک، ساز و کارهای مسئول تنزل کیفیت خاک می باشند. به عبارت دیگر، تخریب خاک عبارت است از افت کیفیت خاک که منجر به کاهش بارآوری توده زنده و کاهش ظرفیت سازگاری و اعتدال محیط پیرامونی (آب و هوا) می گردد. سه نوع اصلی از فروسایی خـاک وجـود دارد کـه عبارتنـد از: فروسـایی فیزیکـی، فروسـایی شیمیایی و فروسایی زیستی. انواع، فرایندها، مفهوم و علل فروسایی خاک در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- انواع، فرایندها، مفهوم و علت های فروسایی خاک (لعل و همکاران، ۲۰۰٤).

نوع فروسایی	فرایند فروسایی	مفهوم	علت ها
فیزیکی	- فروریختن ساختمان خاک	- کاهش نسبی خاکدانه‌ها و کاهش مقاومت / پایداری آنها	جنگل زدایی؛ سوزاندن بقایای گیاهی؛ برهنه ماندن زمین؛ شخم در جهت شیب؛ تردد زیاد حیوان، انسان یا ادوات؛ چرای مفرط؛ نظام تک کشتی
	- فروپاشی خاکدانه ها	- پراکنش خاکدانه ها در اثر فرو بردن سریع در آب	
	- تشکیل سله و درزگیری خاک سطحی	- تشکیل سله در سطح خاک که دارای مقاومت زیاد بوده و نفوذ آب و هوا در آن اندک است	
	- فشرده شدن خاک سطحی و عمقی	- افزایش جرم مخصوص ظاهری که منجر به کاهش تخلخل کل و تخلخل درشت در خاک و همچنین کاهش ظرفیت نفوذ آب و افزایش مقدار و سرعت رواناب می گردد	
	- سیل، شرایط ماندابی و بی هوازی	- کاهش تخلخل تهویه ای تا کمتر از ده درصد حجمی که منجر به کاهش اکسیژن در محیط ریشه گیاه می گردد	
	- فرسایش آبی و بادی	- جداسازی، خرد شدن، انتقال و پخش مجدد ذرات خاک توسط نیروی آب (باران، جریان متمرکز، طوفان، یخچال)، باد یا جاذبه صورت می گیرد	
	- بیابان زایی	- تخریب خاک (توسط فرسایش تشدیدی با آب، باد، یا سایر فرایندها) در اقلیم های خشک و نیمه خشک که منجر به ایجاد و پیشروی شرایط شبه بیابانی می گردد	

ادامه جدول ۱

نوع فروسایی	فرایند فروسایی	مفهوم	علت ها
شیمیایی	– شستشوی عناصر بازی و تهی شدن از عناصر غذایی	– حذف عناصر ضروری برای گیاه (ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی) توسط گیاهان برداشت شده یا آبشویی شدید بدون جایگزینی مواد توسط افزودنی های آلی و معدنی	آبیاری بیش از نیاز با آب های با کیفیت نامناسب؛ فقدان زهکشی کافی؛ کاربرد کم یا زیاد کودهای معدنی؛ کاربرد اراضی برای دفن ضایعات صنعتی و شهری
	– اسیدی شدن	– کاهش pH خاک در اثر شستشوی بازها یا افزودن کودهای اسیدزا	
	– ایجاد سمیت و عدم تعادل عناصر	– آزاد شدن بیش از حد برخی عناصر (مانند آلومینیم، منگنز و آهن) تا حدی که برای گیاه سمی باشد	
	– شور شدن، سدیمی شدن	– وجود زیاده از حد نمک های محلول در ناحیه ریشه به گونه ای که هدایت الکتریکی اشباع (EC) به ٤ dS/m برسد. غالب شدن یون سدیم در ناحیه ریشه تا حدی که مقدار نسبت جذبی سدیم (SAR) به ۱۵ برسد و pH بزرگتر از ۸/۵ باشد.	
	– آلودگی	– وارد کردن آلاینده های صنعتی، معدنی و شهری به خاک	
زیستی	– تهی سازی منبع کربن آلی خاک	– کاهش کربن در توده زنده کل و توده میکروبی و ایجاد تغییر در سرعت بازیافت منبع کربن آلی خاک	برداشت کامل یا سوزاندن بقایای گیاهی؛ کاربرد اندک کودهای حیوانی و مالچ؛ نظام تک کشتی بدون در نظر گرفتن گیاهان پوششی در تناوب؛ خاک ورزی مفرط
	– زوال تنوع زیستی در خاک	– کاهش فعالیت و تنوع گونه های زنده مفید (مانند کرم های خاکی) و تغییر در ترکیب جمعیتی گونه های زنده	
	– افزایش عوامل بیماری‌زا	– افزایش نسبی جمعیت عوامل بیماری زای خاک زی	

از جمله علل فروسایی خاک، آشفتگی های ناشی از دخالت انسان می باشد که به فشارهای اقتصادی – اجتماعی و رشد جمعیت ارتباط دارد و آغازگر برخی فرایندهای فروسایی می گردد. برخی عوامل مهم تخریب خاک عبارتند از: جنگل زدایی، کشت در اراضی حاشیه ای، زراعت فشرده، استفاده مفرط و نسنجیده از مواد شیمیایی، چرای مفرط یا پرورش دام بیش از ظرفیت مرتع، مهاجرت جمعیت، و ساخت و ساز در مناطق با زیست بوم حساس. این علت‌ها و عوامل، به ویژه در برخی کشورهای آسیا، آفریقا و مناطق حاره آمریکا شایان توجه بیشتر است.

۱-٤- اثرات فروسایی خاک

یکی از اثرهای اقتصادی آشکار فروسایی خاک مربوط به اثر آن بر بهره وری کشاورزی است. خاک، تامین کننده عناصر غذایی و آب برای گیاه است و تغییر عوامل موثر در ظرفیت و شدت فراهمی آب و عناصر غذایی، بر رشد گیاه تاثیر می گذارد. این در حالی است که تا کنون بر پی‌آمدهای زیست محیطی فروسایی خاک به اندازه کافی تاکید نشده است. اگر چه دانشمندان به خطر جهانی گرم شدن زمین که در اثر استفاده از سوخت های فسیلی ایجاد می شود واقف گشته اند، اما تا کنون به انتشار دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای ناشی از فروسایی خاک کم توجهی شده است.

مواد آلی خاک یکی از بزرگترین مخازن فعال در چرخه جهانی کربن به شمار می روند، اما اطلاع اندکی درباره مقدار و چرخه آن در سیستم های گوناگون زراعی وجود دارد. یک نتیجه فوری جنگل زدایی، کشت فشرده و چرای مفرط – به ویژه در مناطق حاره – معدنی شدن سریع مواد آلی در خاک است. پی‌آمد این فرایند، تخریب ساختمان خاک و تشدید فرسایش است که منجر به خارج شدن کربن و عناصر غذایی از یک زیست بوم می شود. هنگامی که این عناصر غذایی به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و نهرها برسند، سبب آلودگی و پیری زودرس تالاب‌ها[1] می گردند. کربن موجود در رسوبات به آسانی به صورت CO_2 وارد اتمسفر می شود. همچنین، ارزیابی دقیق مقدار انتقال رسوب و اثر آن بر محیط زیست جهانی یکی از چالش های بزرگ برای خاک شناسان، هیدرولوژیست ها و جغرافی دانان باقی خواهد ماند.

ارائه سیاست ملی مقابله با فروسایی خاک ابتدا مستلزم تعیین دقیق اثر عوامل مختلف بر هزینه فروسایی خاک می باشد. پس از آن، سود حاصل از کاهش این هزینه ها را می توان به درستی محاسبه نمود. تحلیل هزینه – فایده، شکل استاندارد تحلیل پروژه توسط سیاست گذاران می‌باشد.

کراسون (۱۹۸۵) هزینه فرسایش خاک در آمریکا را بین ۵۲۵ میلیون تا یک میلیارد دلار در سال برآورد نموده‌است. هزینه‌های فرسایش در خارج از مزرعه (رسوب در کانال‌ها و سدها، تغییرات زیست محیطی دریاچه ها و مرداب ها) دو

1- Eutrophication

برابر این مقدار بوده است (لی و همکاران، ۱۹۹۷). کلا کیکو و همکاران (۱۹۸۹) اظهار داشته اند که در ۳۲ میلیون ایکر از اراضی کشاورزی آمریکا، هزینه فرسایش خاک بیش از ده دلار در هر ایکر در سال بوده است. در هشت کشور در حال توسعه، هزینه فروسایی خاک و سایر خسارات زیست محیطی تا ده درصد تولید ناخالص ملی (GNP) را تشکیل داده است که در مناطق حاره شدت خسارات بیشتر از نواحی معتدله بوده است (باربیر و بیشاپ، ۱۹۹۵). اریکسون و همکاران (۱۹۷٤) هزینه تراکم خاک در سوئد را ۱۲ میلیون دلار در سال برآورد کرده اند. ارزش مقدار محصول کاهش یافته در اثر تراکم خاک در منطقه کبک کانادا از ۳۰ میلیون دلار(فاکس و کات، ۱۹۸۵) تا ۱۰۰ میلیون دلار (Science Council of Canada, 1986) برآورد شده است. گیل(۱۹۷۱) هزینه تراکم خاک در کشاورزی جنوب آمریکا را یک میلیارد دلار برآورد کرده است. هاکانسون و همکاران(۱۹۸۸) هزینه تراکم را در شمال آمریکا و جنوب کانادا برابر ۱۰۳ دلار در هکتار برآورد نموده اند.

۱-۵- در باره این کتاب

نگارش این مجموعه، کوششی برای گردآوری وتطبیق اطلاعات و مروری جامع در مورد فرایندهای اساسی فروسایی خاک است که شامل تراکم خاک، خاک های سخت شونده، پلینتایت و لاتریتی شدن، فرسایش خاک، و شرایط ماندابی و بی هوازی (فروسایی فیزیکی)، عدم توازن عناصر غذایی و تجمع املاح (فروسایی شیمیایی) و همچنین مروری جامع بر فرایند فروسایی زیستی خواهد بود. جلد اول از مجموعه فروسایی خاک که شامل تراکم خاک، خاک های سخت شونده و شرایط ماندابی است در اینجا تقدیم می گردد. سایر بخش های مربوط به فروسایی خاک به یاری حق و مساعدت دوستان آگاه در مجلدات بعدی ارائه خواهد گردید.

مجموعه حاضر، گامی کوچک در جهت ایجاد هشیاری در مورد خطر فروسایی خاک است. اما افزون بر آن، ضرورت دارد که توسعه روش‌های بازیابی حاصلخیزی زمین هایی که در اثر مدیریت نادرست گذشته دچار تخریب شده اند، مورد تاکید قرار گیرد. حتی اگر تنها نیمی از اراضی که تخریب می شوند (حدود یک میلیارد هکتار) زیر کشت قرار گیرند، پایه تولید کشاورزی را می توان بسیار گسترش داد. همچنین، بازیابی حاصلخیزی و اصلاح اراضی فروساییده، فشار برای دست یافتن به اراضی جدید زراعی را کاهش خواهد داد.

مراجع

Barbier, E.B. and J.T. Bishop. 1995. Economic values and incentives affecting soil and water conservation in developing countries. J. Soil and Water Cons. 50:133-137.

Colacicco, D., T. Osborn, and K. Alt. 1989. Economic damage from soil erosion. J. Soil and Water Cons.44:35-39.

Crosson, P. 1985. National costs of erosion effects on productivity. In: Erosion and soil productivity. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Eriksson, J., I. Hakansson, and B. Danfors. 1974. The effect of soil compaction on soil structure and crop yields. Engr. Rept. 354. Institute of Agriculture Engineers, Uppsala, Sweden.

FAO/UNEP. 1983. Guidelines for the control of soil degradation. FAO, Rome, Italy.

Fox, M.G. and D.R. Coote. 1985. A preliminary economic assessment of agricultural land degradation in Atlantic and central Canada and southern British Colombia. Regional development branch, Contribution 85-70. Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, Canada.

Gill, W.R. 1971. Economic assessment of soil compaction. In: K.K. Barnes and W.M. Carlton (eds.), Compaction of agricultural soils. American Society of Agriculture Engineers, St. Joseph, MI.

Hakansson, I., W.B. Voochees, and H. Riley. 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. Soil Tillage Res. 11:239-282.

Lal, R. and B.A. Stewart (eds.). 1990. Soil degradation. Advances in soil science, Vol. 11. Springer-Verlag, New York, USA.

Lal, R. et al. 2004. Soil degradation in the United States: extent, severity, and trends. CRC Press, Boca Raton.

Lee, G. et al. 1998. Methods of economic assessment of on-site and off-site costs of soil degradation. In: Lal et al. (eds.), Methods for assessment of soil degradation, Advances in soil science. CRC Press, Boca Raton.

Oldeman, L.R. et al. 1991. World map of the status of human-induced soil degradation, An explanatory note. ISRIC, Wageningen.

Science Council of Canada. 1986. A growing concern: Soil degradation in Canada. Supply and services Canada, Ottawa, Ontario, Canada.

UNEP. 1982. World soil policy. UNEP, Nairobi, Kenya.

UNEP. 1986. Farming systems principles for improved forest production and the control of soil degradation in the arid, semi-arid and humid tropics. Expert meeting, sponsored by the UNEP, 20-30 June 1983. ICRISAT, Hyderabad, India.