

## جایگاه خاک در توسعه پایدار و نقش آن در رفع ابر مشکلات جهانی

حسین اسدی، استاد دانشگاه و عضو هیات مدیره انجمن علوم خاک ایران

۱۳۹۵ اردیبهشت

شماره مسلسل: ۱۱۰۰۱۹۷

شماره شاپا: ۵۲۸۵-۲۴۲۳

بسیار زیادی را در پی‌دارند. به‌عنوان نمونه، منابع خاک و آب به دلایلی همچون دفع فاضلاب‌ها و دفن زباله‌های صنعتی و شهری، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و سموم در بخش کشاورزی، تهنشست اتمسفری آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی (از جمله دود آگروز ماشین‌ها)، در سطح وسیع دچار آلودگی شده‌اند و پیامد آن وارد شدن آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین (مثل کادمیوم و سرب)، باقیمانده سموم و رادیونوکلیدها به زنجیره غذایی، ایجاد انواع بیماری‌ها از جمله سرطان، سقط‌جنین، درخطر افتادن حیات آبریان و افزایش هزینه‌های تصفیه آب است.

این مشکلات به یکدیگر وابسته بوده، در همه جای دنیا گسترده هستند و راه‌حل آن پیچیده و مشکل است. نیاز به تأمین غذا و فراهم نمودن آب برای بیش از نه میلیارد نفر در جهان در سال ۲۰۵۰ میلادی مستلزم تأمین این دو به میزان کافی و باکیفیت سالم است. همین‌طور تأمین انرژی ارزان و قابل‌اطمینان با تضمین حداقل اثر بر اقلیم، وابسته به فراهم نمودن پیوسته انرژی و جایگزین‌های آن است به‌گونه‌ای که منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای نشود. همه این امور بر خدمات زیست‌بوم‌ها و تداوم چالش حفظ تنوع زیستی دنیا اثرگذار خواهند بود. بررسی دقیق و تحلیل این مسائل محیط-زیستی و چالش‌های جهانی نشان می‌دهد که خاک نقش مهمی در رفع آنها بازی می‌کند و تخریب آن ممکن است اثرات زیان‌بار شدیدی در پی داشته و امنیت جهانی را بیش از هر عامل دیگر به خطر اندازد باشد.

### کمبود غذا-امنیت غذا

خاک فصل مشترک بین محیط زنده و محیط بی‌جان است. تغذیه ۹ میلیارد نفر جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ می‌تواند از طریق برطرف نمودن شکاف عملکرد (اختلاف عملکرد محصولات کشاورزی بین کشورهای توسعه‌یافته و عقب‌افتاده) و افزایش تولید محصولات کشاورزی محقق شود. با توجه به اهداف توسعه پایدار، تأمین غذا با رعایت معیارهای پایداری بدون دسترسی به خاک باکیفیت مطلوب و مدیریت بهینه آن به همراه حفاظت خاک محقق نخواهد شد.

### مقدمه

بعد از گذر تاریخی جهان از سیاست‌های رشد اقتصادی و یکی از اجزاء مهم آن یعنی کشاورزی رایج باهدف بیشینه کردن تولید و درآمد و روی‌آوری به مفاهیم توسعه و پس‌از آن توسعه پایدار در سطح جهانی و در پی آن سنجش سطح توسعه‌یافتگی با شاخص "درآمد پایدار" به‌جای شاخص‌های پیشین "برابری قدرت خرید" و "درآمد سرانه"، در هفتادمین دوره مجمع عمومی سازمان ملل، سران کشورهای جهان روز جمعه ۲۵ سپتامبر ۲۰۱۵ در اجلاس اهداف توسعه پایدار تا سال ۲۰۳۰ میلادی، اهداف ۱۷ گانه ای را مورد تصویب قرار دادند که دستیابی به آن مستلزم اقدامات خاصی است.

حداقل شش چالش بسیار بزرگ محیط زیستی در راه توسعه پایدار بشری و بر روی کره زمین وجود دارد. این چالش‌ها شامل امنیت غذایی، امنیت آب، امنیت انرژی، جلوگیری از تغییر اقلیم، حفاظت تنوع زیستی و بقاء خدمات زیست‌بوم‌ها می‌باشند. چالش‌های بیان‌شده خود ناشی از مشکلات عدیده‌ای هستند که چندین دهه است بشر با آن روبه‌رو بوده و به‌طور فزاینده‌ای در حال گسترش بوده‌اند. مشکلات و مسائلی نظیر کمبود آب (شرب و کشاورزی)، کمبود انرژی، کمبود غذا، سیل و آلودگی (خاک و منابع آب) از مهم‌ترین مسائل شناخته‌شده بشر در سطح جهانی هستند. این پنج مشکل متأثر و اثرگذار بر پدیده نوظهورتر گرمایش زمین و تغییر اقلیم هستند. مشکلات ایجادشده در سطح جهان دارای دلایل بعضاً مشترکی بوده و پیامدهای ناگوار

زیرزمینی ۳۰/۱ درصد آن را تشکیل می‌دهند. از ۱/۲ درصد باقیمانده که منابع سطحی نامیده می‌شوند، سهم رودخانه‌ها و رطوبت خاک به ترتیب ۰/۴۹ و ۲/۸ درصد (از این ۱/۲ درصد) است. به این معنی که در مقیاس جهانی میزان آب خاک حدود ۵,۷ برابر آب رودخانه‌ها است. این آب به‌عنوان "آب سبز" شناخته می‌شود.

(۲) کل آب مورد استفاده در بخش کشاورزی که به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب است (در ایران حداقل ۸۰ درصد کل آب قابل استحصال)، می‌بایست از طریق خاک به مصرف گیاه برسد. به‌بیان‌دیگر، آب آبیاری یا بارندگی ابتدا به خاک اضافه‌شده، در آن ذخیره‌شده و به‌تدریج به مصرف گیاه می‌رسد؛ بنابراین کارایی مصرف آب کاملاً وابسته به خاک است.

(۳) منشأ تمام آب‌های شیرین جهان، آب ناشی از بارندگی‌ها است که از اتمسفر و به‌صورت قطره‌قطره بر سطح زمین ریخته، از داخل خاک عبور کرده و یا بر سطح آن جاری می‌شود؛ بنابراین، تقسیم آب به دو بخش نفوذی که موجب تأمین آب چشمه‌ها، رودخانه‌ها و منابع زیرزمینی می‌شود و جاری بر سطح که معمولاً موجب رواناب و سیل می‌شود، وابسته به وضعیت و کیفیت خاک است

(۴) خاک می‌تواند موجب پالایش آب و یا آلودگی آن شود. به‌بیان‌دیگر کیفیت آب به‌شدت تحت تأثیر کیفیت و وضعیت خاک است. چنانچه ظرفیت بسیار بالای خاک‌ها برای جذب و نگهداری بسیاری از آلاینده‌های بشرساخت نبوده، حیات انسانی و جانوری تاکنون به دلیل آلودگی‌ها متلاشی شده بود. خاک‌ها ظرفیت بسیار بالایی برای جذب، نگهداری و تخریب زیستی بسیاری از آلاینده‌ها را دارند. به‌عنوان نمونه، چنانچه مواد رادیواکتیو ناشی از انفجارات هسته‌ای (سزیم ۱۳۷) و یا سرب ناشی از سوخت بنزین در خودروها توسط خاک جذب و نگهداری نشده و وارد منابع آب می‌شد، قطعاً وضعیت حیات به‌گونه دیگری می‌بود.

(۵) مدارک و دلایلی (مستندات علمی) زیادی وجود دارد مبنی بر اینکه مدیریت صحیح خاک مثلاً با حداقل کردن دست‌خوردگی خاک (شخم حداقل) می‌تواند آب را بیش‌تر حفظ کند و کارایی مصرف آب را به‌ویژه در اراضی دیم حتی تا ۱۰۰ درصد افزایش دهد.

امنیت غذایی بر سه اصل فراهم بودن، قابلیت و شیوه مصرف استوار است. فراهمی غذا به معنی داشتن مقدار کافی و منبع مطمئن برای تأمین غذا است و قابلیت برداشتن منابع برای دستیابی به غذای باکیفیت بالا و مغذی استوار است. شیوه مصرف به معنی داشتن دانش تغذیه‌ای و نیز دسترسی به آب کافی و فقدان هرگونه آلودگی است. فراهمی، قابلیت و فقدان آلودگی منابع غذایی کاملاً وابسته به خاک است. بخش بسیار مهمی از ایمنی غذا از مزرعه (خاک) شروع می‌شود و این موضوع دو جنبه دارد غذا می‌بایست به میزان کافی حاوی عناصر و مواد معدنی موردنیاز بدن باشد و درعین‌حال عاری از مواد سمی و مضر و یا مقادیر بیش‌ازحد از عناصر مفید باشد. بسیاری از کمبودها و مسائل تغذیه‌ای را می‌توان با تولید محصولات سالم و غنی برطرف نموده، سلامت جامعه را تضمین و در هزینه‌های بسیار زیاد بهداشتی صرفه‌جویی نمود. شعار امسال روز جهانی غذا نیز "ایمنی غذا از مزرعه تا سفره (از خاک تا سلول)" بود که بیانگر اهمیت موضوع است؛ بنابراین برای اطمینان از امنیت غذایی، حداقل کردن کاهش توان تولید، کیفیت و تخریب اراضی (خاک) و کاهش آلودگی‌ها ضروری است.

### کمبود (کسری) آب-امنیت آب

کسری (کمبود) آب یک تهدید آبی است. امکان تأمین آب از رودخانه‌ها و سدها که به‌عنوان "آب آبی" شناخته می‌شود، در مناطق مختلف دنیا بسیار محدود است. این در حالی است که استفاده از این روش‌ها از جمله احداث سد و انتقال آب، مشکلات و مسائل عدیده محیط‌زیستی نیز به دنبال داشته است. در حال حاضر تلاش‌هایی برای درک جریان آب تعرق یافته و برگرداندن آن از اتمسفر و استفاده از آب شیرین‌کن‌های به‌ویژه خورشیدی در جریان است؛ اما خاک به‌عنوان یک عامل اساسی و بسیار تأثیرگذار بر چرخه آب و درعین‌حال منبع عظیمی از آب اغلب نادیده گرفته می‌شود. حقایق بسیار مهمی در این مورد وجود دارد که برخی از آن‌ها به شرح زیر است

(۱) در مقیاس جهانی از ۲/۵ درصد آب شیرین موجود، یخچال‌ها و پوسته‌های یخی قطبین ۶۸/۷ درصد و آب‌های

سخن تنها جایی که می‌توان طی فرآیندهای طبیعی مقادیر بسیار زیادی کربن را از اتمسفر جذب و در آن ذخیره کرد، خاک‌های جهان هستند. بر این اساس، مدیریت و حفاظت خاک در این مورد نه تنها موجب مقابله با تغییر اقلیم می‌شود بلکه منجر به افزایش تولیدات زراعی و امنیت غذایی جهانی خواهد شد.

### حفاظت تنوع زیستی

کنوانسیون تنوع زیستی بر مبنای سه هدف اصلی، حفاظت از تنوع زیستی، بهره‌برداری پایدار از اجزاء آن و سهیم شدن عادلانه و منصفانه از منافع حاصل از ذخایر ژنتیکی تشکیل شده است. تمرکز زیادی بر ابعاد تنوع زیستی درون گونه‌ها، بین گونه‌ها و زیست‌بوم‌ها وجود دارد. خاک زیستگاه و خواستگاه بخش اعظمی از منابع ژنتیکی و تنوع گونه‌ها است. مشتی از خاک ممکن است سکونتگاه میلیاردها موجود زنده باشد که متعلق به هزاران گونه هستند. در همین مقدار کم خاک شکارگرا، شکارها، تولیدکننده‌ها، مصرف‌کننده‌ها و انگل‌ها وجود دارند. در یک گرم خاک می‌تواند تا ۲۰۰ میلیون باکتری، ۱۰۰ میلیون اکتینومیست و ۱ میلیون قارچ وجود داشته باشد. ریز جانداران خاک در برقراری انتقال و چرخه مواد و انرژی در زیست‌بوم‌های خشکی مشارکت عمده‌ای دارند. به‌ویژه، تنوع زیستی خاک در بهره‌وری آب و عناصر غذایی گیاه، اصلاح ساختمان خاک و مقابله با بیماری‌های خاکزی مشارکت دارند. علاوه بر این حمایت از تنوع زیستی گیاهان به صورت مستقیم و جانوران به صورت غیرمستقیم نیز از نقش‌های اصلی خاک است.

### خدمات زیست‌بوم‌ها

خدمات زیست‌بوم‌ها عبارت از توانایی فرآیندها و اجزاء طبیعی برای فراهم نمودن محصولات و خدماتی که نیازهای انسان را به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم مرتفع نماید. دسته‌بندی خدمات زیست‌بوم‌ها شامل نقش حمایتی، تدارکاتی، تنظیمی و فرهنگی است. برای خاک نقش حمایتی عموماً مرتبط با فراهم نمودن حمایت از گیاهان، تأمین نیازهای تغذیه‌ای گیاهان و ذخایر ژنتیکی است. اثر بر چرخه هیدرولوژی و به‌عنوان جزئی اصلی از منابع آب و دفن بقایا و زباله‌ها

با توجه به مطالب بیان‌شده دستیابی به اصول امنیت آب بدون در نظر گرفتن نقش خاک در چرخه آب و تأمین و تدارک آب برای بشر، تولید بیوماس و نیاز زیست‌بوم‌ها غیرممکن خواهد بود.

### کمبود (کسری) انرژی-امنیت انرژی

نقش خاک در رفع کمبود انرژی و ایجاد امنیت تولید انرژی از دو جهت است. نخست، بخش مهمی از تولید برق در سطح جهانی و در ایران از طریق نیروگاه‌های برق-آبی است که با احداث سدها میسر شده است. پایداری و امنیت تأمین برق از این طریق کاملاً وابسته به این است که ظرفیت مخازن سدها با چه سرعتی توسط رسوب ناشی از فرسایش خاک در حال پر شدن است. این علاوه بر صدماتی است که رسوبات معلق همراه آب به توربین‌ها وارد می‌کند. دوم، مطرح‌شدن بحث سوخت‌های زیستی است که مستلزم تولید محصول از طریق خاک است. به دیگر سخن، خاک‌ها علاوه بر تأمین محصولات غذایی موردنیاز بشر، از نظر تولید محصولات باهدف بهره‌کشی سوختی نیز تحت فشار خواهند بود.

### گرمایش زمین-مقابله با تغییر اقلیم

با قطعی شدن افزایش دمای کره زمین و متعاقب آن تغییر اقلیم و نیز ارتباط مسجل آن با افزایش گازهای گلخانه‌ای، مطالعات و تحلیل‌های جهانی به‌ویژه توسط هیات بین‌الدول تغییر اقلیم، افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری اراضی را عوامل افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم می‌دانند. دلیل مشارکت قابل توجه تغییر کاربری اراضی در انتشار دی‌اکسید کربن این واقعیت بسیار مهم است که میزان کربن ذخیره‌شده در خاک‌های جهان به‌صورت ماده آلی بیش از ۲/۵ برابر کل کربن موجود در اتمسفر (به‌صورت دی‌اکسید کربن) و بیش از سه برابر کربن موجود در بدن تمام موجودات زنده (اعم از گیاهان و جانوران) است. رها شدن بخشی از این کربن به دلیل سوء مدیریت خاک و تغییر کاربری اراضی در حدود ۳۰ درصد در گرمایش جهانی نقش داشته است. از سوی دیگر و مهم‌تر آنکه، از تمام راه‌های متصور کاهش دی‌اکسید کربن، تنها راه عملی و اقتصادی حداقل تاکنون، ترسیب و ذخیره کربن در خاک است. به دیگر

پیامدهای ناگواری به دنبال داشته و در صورت عدم توجه به آن این پیامدهای به‌صورت فزاینده‌ای در حال گسترش هستند. به خطر افتادن امنیت و سلامت غذایی کشور، وقوع سیل و خشک‌سالی و آلودگی زنجیره غذایی که همگی منجر به خدشه‌دار شدن امنیت ملی خواهند شد، از جمله این پیامدها هستند؛ بنابراین لازم است همگام و هم‌صدا با جهان و البته با شتابی بیش‌تر به اهمیت موضوع خاک پی برده و برنامه‌های جدی برای حفاظت، احیاء کیفیت و مدیریت صحیح خاک به‌صورت فرا بخشی تدوین شود. در این مورد فقدان قانون و ساختار اجرایی متولی خاک از موانع اصلی هستند.

استفاده از مطالب با ذکر منبع آزاد است.

متون سیاستی منتشرشده در شمس، بیانگر دیدگاه نویسندگان بوده و لزوماً نظر این شبکه نیست.

به‌عنوان خدمات تنظیمی خاک هستند. گودبرداری خاک برای مصالح ساختمانی مثالی از خدمات تدارکاتی است، درحالی‌که ارزش روحی، محافظت از آثار باستانی و ارثیه (میراث) از خدمات فرهنگی خاک می‌باشد.

### سایر خدمات و کارکردهای خاک

خاک در سازه‌های مهندسی و پروژه‌های ساختمانی از جمله، احداث مسکن، راه‌سازی، سدسازی، کانال‌های آبرسانی و انحراف آب و استخراج دو نقش اساسی دارد. نخست یکی از مصالح مهم ارزان و فراوان است و دوم پایه و اساس همه سازه‌های دست‌ساز بشر است. استفاده در کارهای هنری نظیر سفال و استفاده‌های پزشکی و صنعتی از خاک از کارکردهای دیگر خاک هستند.

### وضعیت خاک در سطح جهانی و در ایران

خاک لایه بسیار نازکی است که بخش بسیار زیادی از سطح خشکی‌های کره زمین را پوشانده است و در اثر عوامل خاک‌سازی در طی قرن‌ها و بلکه میلیون‌ها سال تشکیل شده است. فرآیند تشکیل خاک بسیار کند است به‌گونه‌ای که می‌توان آن را منبعی تجدید ناپذیر در نظر گرفت. برای تشکیل یک سانتی‌متر خاک بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال زمان لازم است. در ایران با توجه به شرایط اقلیمی این زمان احتمالاً بیش از ۵۰۰ سال است. خاک علی‌رغم کارکردهای فراوان و نقش‌های بسیار مهمی که در حیات بر روی کره زمین دارد، به دلیل بی‌توجهی، سوء مدیریت و سودجویی در طی دهه‌های گذشته در معرض تخریب شدید و نابودی قرار گرفته است. برخی از شکل‌های مهم تخریب خاک عبارت از فرسایش آبی و بادی، شور شدن، تراکم و آلودگی هستند. در سطح جهانی حدود ۳۵۰ میلیون هکتار از اراضی در معرض تخریب هستند. میزان تولید رسوب (بخشی از خاک فرسایش یافته که توسط رودخانه‌ها منتقل می‌شود) در سطح جهانی حداقل ۱۵ میلیارد تن تخمین زده می‌شود. در ایران فرسایش خاک و تخریب اراضی در سطح وسیعی از کشور رخ داده به‌گونه‌ای که میزان فرسایش آبی و بادی هرکدام موجب نابودی حدود یک میلیارد تن خاک در سال می‌شوند. نابودی و تخریب خاک در اثر فرسایش آبی و بادی، شور شدن اراضی، تراکم و آلودگی

### به امید داشتن ایرانی سرسبز و سربلند

برخی از تصاویر مفهومی از نقش‌ها و کارکردهای خاک

