



استان هرمزگان، جزیره هرمز، بهمن ۱۳۹۵، عکاس: فرهاد ورزکاری مقدم

چالش‌های فراوری خاک‌های کشور

محمد برهانی^{۱*}، زهرا رئیسی^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ولایت، ایرانشهر، ایران

*ایانامه نویسنده مسئول: borhani.mohammad@ut.ac.ir

چکیده

ایران به‌عنوان کشوری با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، با چالش‌های جدی در مدیریت منابع خاک مواجه است. این مطالعه به بررسی چالش‌ها و راهکارهای مدیریت پایدار منابع خاک در ایران می‌پردازد. خاک به‌عنوان یک منبع غیرقابل تجدید، نقش حیاتی در تأمین نیازهای انسان و حفظ تعادل اکوسیستم دارد. با این حال، فرسایش، آلودگی و تغییر کاربری اراضی به‌عنوان تهدیدات جدی برای کیفیت خاک و امنیت غذایی کشور شناخته می‌شوند. در سطح جهانی، بیش از ۵۰ درصد از زمین‌های زراعی با مشکلات شوری مواجه‌اند که بر رشد گیاهان تأثیر منفی می‌گذارد. این تحقیق با استفاده از مقالات و پژوهش‌های مرتبط، به شناسایی چالش‌های عمده‌ای مانند تأثیرات تغییرات اقلیمی، آلودگی ناشی از میکروپلاستیک‌ها و سموم کشاورزی و کاهش کیفیت خاک پرداخته‌است. نتایج نشان می‌دهد که مدیریت نادرست منابع خاک و افزایش جمعیت، مشکلات جدی را ایجاد کرده‌اند. برای مقابله با این چالش‌ها، توسعه روش‌های کشاورزی پایدار، آموزش کشاورزان و حفاظت از پوشش گیاهی پیشنهاد می‌شود. این اقدامات می‌تواند به حفظ امنیت غذایی و بهبود کیفیت محیط‌زیست کمک کند. توجه به مدیریت پایدار منابع خاک به‌عنوان یک ضرورت برای توسعه پایدار و حفظ منابع طبیعی کشور، امری اجتناب‌ناپذیر است.

کلیدواژه‌ها: توسعه پایدار، فرسایش خاک، تغییر اقلیم، مدیریت خاک

مقدمه

بخش‌هایی از شمال و جنوب آفریقا، منطقه خاورمیانه و شمال و جنوب آمریکا و استرالیا گسترده شده‌اند و از این میان، بیش از ۹۵ درصد از خاک‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک در آفریقا و منطقه خاورمیانه واقع شده‌اند (عظیم‌زاده، ۱۴۰۲).

کشور ایران با قرارگرفتن در محدوده خشک و نیمه‌خشک جهان و با توجه به شرایط زمین‌شناسی و پستی و بلندی، دارای محدودیت‌های متنوعی در منابع خاک است. بهره‌برداری غیراصولی موجب ایجاد چالش‌های فراوانی برای این منابع پایه شده‌است (اسدی و همکاران، ۱۴۰۱).

در گذشته، کشور ما با داشتن زمین‌های حاصل‌خیز فراوان و بهره‌گیری مناسب از مدیریت بهینه خاک، همزیستی همگام با محیط‌زیست را تجربه کرده و سال‌ها آن را به‌عنوان موتور محرکه اقتصاد کشور محافظت نموده‌است. اما اکنون ایران جزو کشورهایی است که فرسایش خاک به شدت در آن روی می‌دهد (بیات و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به وابستگی کشور به کشاورزی، بررسی وضعیت خاک برای حفظ منابع غذایی و اکوسیستم ضروری است. همچنین، با توجه به تغییرات اقلیمی و تأثیرات منفی آن بر خاک، انجام این تحقیق می‌تواند به شناسایی چالش‌های موجود برای مدیریت پایدار منابع خاک کمک کند.

مواد و روش‌ها

در این مقاله، اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از طریق جستجوی مقالات و پژوهش‌های مرتبط گردآوری شده‌اند. پس از جمع‌آوری این منابع، مقالات به‌طور دقیق مورد بررسی قرار گرفته و مهم‌ترین چالش‌های خاک‌های کشور استخراج شدند. اطلاعات به‌دست‌آمده سپس براساس موضوعات مختلف سازماندهی و طبقه‌بندی گردیدند.

خاک به‌عنوان یک منبع غیرقابل‌تجدید و یک سیستم اجتماعی هماهنگ، با ساختاری مناسب و وضعیت عملکردی بهینه، به‌گونه‌ای تعریف می‌شود که دارای ظرفیت حائل (بافر) مؤثری برای حفظ تعادل دینامیک میان تمامی عوامل تولیدی خود باشد (Decorato et al., 2024). خاک مهم‌ترین مؤلفه اکوسیستم جهانی است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی انسان‌ها تأثیر می‌گذارد. این منبع نیازهایی از جمله غذا، آب، انرژی، پوشاک و مسکن را تأمین می‌کند (El-ramady et al., 2024a).

خاک‌ها به‌دلیل ویژگی‌های پویای خود، به‌عنوان یک سیستم زیستی و اکولوژیکی در نظر گرفته می‌شوند. این سیستم نه‌تنها شامل اجزای فیزیکی و غیرزیستی مانند مواد معدنی و آلی است، بلکه به‌واسطه تعاملات پیچیده‌ای که با موجودات زنده، از جمله میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و جانوران دارد، به یک موجود زنده مشابه شبیه می‌شود، که آن را به یک منبع با ارزش و محدود تبدیل می‌کند. بنابراین، درک تأثیر فعالیت‌های انسانی بر کیفیت خاک بسیار مهم است (Majumdar et al., 2024).

در سطح جهانی، بیش از ۵۰ درصد از زمین‌های زراعی آبی با مشکلات شوری خاک مواجه هستند که باعث کاهش رشد، نمو و بقای گیاه می‌شود. بنابراین، شوری خاک می‌تواند یکی از عوامل تهدیدکننده امنیت غذایی جهانی باشد (El-ramady et al., 2024b). از دیرباز، ارتباط بین سلامت خاک، دام و انسان به‌واسطه تأثیرات آن بر کیفیت و سلامت گیاهان شناخته شده‌است. سلامت خاک به‌عنوان ظرفیت پیوسته آن برای عمل به‌عنوان یک سیستم زنده و حیاتی در کاربری‌های مختلف اراضی و زیست‌بوم‌ها تعریف می‌شود. این ظرفیت به پایداری باروری بیولوژیکی، حفظ کیفیت هوا و آب و ارتقاء سلامت گیاهان، حیوانات و انسان کمک می‌کند (رضایی و همکاران، ۱۴۰۱).

بیش از ۴۰ درصد از کل اراضی دنیا را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد. این مناطق بیشتر در



• مدیریت خاک و مصرف سوخت‌های زیستی

تا کنون، جامعه علمی بر این باور بوده‌است که مصرف سوخت‌های زیستی نسبت به سوخت‌های فسیلی عوارض منفی کمتری به همراه دارد. به دلیل مصرف بیش‌ازحد سوخت‌های فسیلی در سطح جهانی، ایده تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه سوخت‌های زیستی، توجه زیادی را جلب کرده است. به‌علاوه، تولید اتانول با منبع زیستی به‌عنوان یکی از فناوری‌های بالقوه برای کاهش پایدار دی‌اکسید کربن در جو تا سال ۲۰۵۴ مطرح شده‌است (سپاس‌خواه، ۱۳۹۶). در همین راستا، افزایش تقاضا برای اتانول و همچنین افزایش ناگهانی تقاضا برای ذرت به‌منظور تولید این نوع سوخت، منجر به افزایش شدید قیمت موادغذایی در برخی کشورها گردیده‌است. علاوه‌بر این، تبدیل جنگل‌ها و علفزارها به مزارع کشت گیاهان مولد سوخت زیستی، به‌طور قابل‌توجهی میزان دی‌اکسید کربن موجود در جو را افزایش می‌دهد. شایان ذکر است که غلظت دی‌اکسید کربن در خاک و گیاهان تقریباً سه برابر غلظت آن در جو است (غفوری و همکاران، ۱۳۹۶).

• مدیریت خاک و تنوع‌زیستی

تنوع‌زیستی موجودات خاک، منبعی اساسی برای ارائه خدمات قابل‌توجهی در حفظ و گسترش تنوع‌زیستی در سطح زمین و سلامت محیط‌زیست به‌شمار می‌رود. این موجودات نقش کلیدی در حفظ خصوصیات فیزیکی خاک ایفا کرده و به تنظیم اقلیم از طریق افزایش مواد آلی خاک و نگهداشت دی‌اکسید کربن در آن کمک می‌کنند. تنظیم اقلیم یکی دیگر از خدماتی است که توسط اکوسیستم خاک ارائه می‌شود. دانه‌بندی خاک و تسریع در تشکیل هوموس از مهم‌ترین سازوکارهایی هستند که بر تنظیم اقلیم تأثیرگذارند. تسریع در تشکیل هوموس، که توسط موجودات خاک‌زی انجام می‌شود، موجب تبدیل مقادیر زیادی کربن به اشکالی می‌گردد که مقاومت بیشتری در

▪ چالش‌های مهم مدیریت خاک‌ها در قرن حاضر

سال ۲۰۱۵ میلادی به‌عنوان "سال جهانی خاک" توسط سازمان ملل متحد نام‌گذاری شد. این تصمیم به دلیل وجود شش چالش بزرگ محیط‌زیستی جهانی که بر توسعه پایدار تأثیر دارند، اتخاذ گردید (FAO, 2015). این چالش‌ها به طور مختصر به شرح زیر است.

• مدیریت خاک و امنیت غذایی

مدیریت صحیح خاک به ارتقاء سلامت و کیفیت آن کمک می‌کند و در نتیجه امنیت غذایی را تأمین می‌نماید. تخریب خاک می‌تواند به از بین رفتن امنیت غذایی منجر شود. اکثر شاخص‌های موجود برای سنجش امنیت غذایی در ایران، بیشتر بر جنبه‌های اجتماعی و سیاسی تمرکز دارند و به محدودیت‌های منابع تولیدکننده توجهی نمی‌کنند (صفری، ۱۴۰۲).

• مدیریت خاک و امنیت آب

خاک نقش حیاتی در چرخه آب دارد و برای عبور از بحران آب، ابتدا باید از بحران خاک عبور کرد. خاک می‌تواند آب را پالایش کند یا به آلودگی آن دامن بزند. علی‌رغم وجود منابع آب، ۹۶/۵ درصد آن شور و متعلق به اقیانوس‌ها است (حسین‌زاد و همکاران، ۱۳۹۲).

• مدیریت خاک و امنیت انرژی

یکی از پیامدهای عمده تخریب منابع خاکی در ایران، رسوب‌گذاری به میزان ۲۴۰ میلیون مترمکعب در حوزه سدهای کشور است. این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا پایداری و امنیت تأمین انرژی به‌شدت وابسته به سرعت پرشدن ظرفیت مخازن سدها به واسطه رسوبات ناشی از تخریب خاک است. همچنین، با توجه به تغییرات اقلیمی جاری، نگرانی‌های قابل‌توجهی در زمینه امنیت آب و غذا در ایران به وجود آمده‌است (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۹).

برابر تجزیه دارد و بنابراین باعث کندتر شدن آزادسازی گازه‌های گلخانه‌ای می‌شوند (غفوری و همکاران، ۱۳۹۶).

• مدیریت خاک و گرمایش جهانی

رها شدن بخشی از کربن موجود در خاک به دلیل سوءمدیریت خاک و تغییر کاربری اراضی می‌تواند تا حدود ۳۰ درصد در گرمایش جهانی نقش داشته باشد. از سوی دیگر، تمامی راه‌های ممکن برای کاهش دی‌اکسید کربن، تا کنون تنها راه عملی و اقتصادی، ترسیب و ذخیره کربن در خاک بوده‌است (نوروزی و همکاران، ۱۴۰۳). به‌علاوه، خاک‌ها به‌عنوان سومین منبع جهانی کربن شناخته می‌شوند و اهمیت حفظ کربن در خاک از جنبه محیط-زیستی شامل جلوگیری از گرمایش زیست‌کره، کاهش غلظت گاز کربنیک در جو و ذخیره‌سازی درازمدت آن در خاک است (غفوری و همکاران، ۱۳۹۶). این چالش‌ها نیازمند توجه جدی و راهکارهای مؤثر برای مدیریت پایدار منابع خاک هستند تا بتوان به توسعه پایدار و حفظ منابع طبیعی دست یافت.

■ چالش‌های محیط‌زیستی خاک-

های کشور

چالش‌های محیط‌زیستی خاک‌ها در ایران، به‌عنوان یک موضوع حیاتی و پیچیده، را می‌توان به چندین طبقه اصلی تقسیم کرد. این چالش‌ها نه‌تنها بر کیفیت خاک تأثیر می‌گذارند، بلکه به‌طور مستقیم بر تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی نیز تأثیر دارند. در زیر به بررسی بیشتر این چالش‌ها پرداخته می‌شود.

• اثرات آلودگی پلاستیک‌ها و

میکروپلاستیک‌ها در منابع خاک

میکروپلاستیک‌های ناشی از پسماندهای پلاستیکی که در خاک‌های سطحی ایجاد می‌شوند، می‌توانند عملکرد کشاورزی را به‌شدت کاهش دهند. نگرانی‌های جدی وجود دارد که این میکروپلاستیک‌ها در زنجیره غذایی تأثیر منفی بر سلامت انسان داشته‌باشند و به‌عنوان یک مشکل پایدار،

سلامت خاک را در بسیاری از نقاط جهان تهدید کنند. همچنین، میکروپلاستیک‌ها ممکن است با تجزیه، گازهای گلخانه‌ای را در خاک آزاد کنند و باکتری‌هایی که روی این میکروپلاستیک‌ها رشد می‌کنند، می‌توانند به افزایش دی‌اکسید کربن آزاد شده کمک کنند. بنابراین، آلودگی پلاستیکی یکی از چالش‌های بزرگ پیش روی منابع خاک‌های کشور و جهان به‌شمار می‌آید (ولایت‌زاده، ۱۴۰۳).

Abbasi و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به بررسی میکروپلاستیک‌ها در خاک‌های کویر لوت پرداخته‌اند. در این تحقیق، تعداد میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های ۳۰۰ گرمی از صفر تا ۲۵ ذره متغیر بوده‌است. نتایج نشان داد که اکثریت میکروپلاستیک‌ها از نوع الیافی بوده و عمدتاً شامل پلی‌اتیلن ترفتالات و نایلون هستند. همچنین Shariati و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای دیگر به بررسی وقوع و غلظت استرهای اسیدفتالی در ۲۷ نمونه رسوب از تالاب انزلی پرداخته‌اند. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که غلظت دی‌فتالات به ۲۰/۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم رسیده‌است که این مقدار به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از استانداردهای محیط‌زیستی تعیین شده‌است.

• مصرف سموم کشاورزی و آلودگی

منابع خاک

سموم کشاورزی به‌طور گسترده‌ای برای کنترل آفات مختلف از جمله حشرات، پاتوژن‌ها و علف‌های هرز استفاده می‌شوند. اگرچه این سموم برای تولید محصولات زراعی ضروری هستند، اما استفاده بی‌رویه از آن‌ها به دلیل تجمع زیستی و پایداری می‌تواند عواقب جدی به همراه داشته باشد. آفت‌کش‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، هوا، آب و خاک را آلوده کرده و خطرات جدی برای سلامت موجودات زنده ایجاد کنند (مسافری و همکاران، ۱۴۰۱).

• کاهش کیفیت خاک

از بین رفتن خاک به‌عنوان یکی از تهدیدات اصلی برای حاصل‌خیزی، به کاهش توان تولیدی خاک منجر می‌شود. این پدیده می‌تواند به صورت طبیعی یا غیرطبیعی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و همچنین در نواحی سیلاب‌زده رخ دهد. از دست دادن خاک تأثیرات جدی بر کمیت و کیفیت خدمات اکوسیستم خاک دارد، از جمله کاهش تراکم، تخریب ساختار خاک و کاهش مواد مغذی (بدری، ۱۴۰۳). این مشکل در ایران، که بخش وسیعی از آن را کویرها در بر گرفته و پوشش گیاهی مناسبی ندارد، به وضوح قابل‌مشاهده است. ایران با مساحتی معادل ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومترمربع، با چالش‌های جدی در زمینه فرسایش خاک مواجه است؛ به‌طوری که نزدیک به ۱۲۵ میلیون هکتار از ۱۶۵ میلیون هکتار اراضی کشور در معرض فرسایش قرار دارد (ایرانمنش، ۱۴۰۳).

یکی از دلایل عمده فرسایش شدید خاک‌ها در ایران، از بین رفتن پوشش گیاهی است. خاک‌های ایران از نظر مواد نیتروژنی فقیر بوده و اکثراً با کمبود فسفر مواجه‌اند. به همین دلیل، مصرف کودهای شیمیایی در کشور به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافته‌است. اگرچه استفاده بی‌رویه از این کودها در کوتاه‌مدت می‌تواند مواد مغذی مورد نیاز اراضی کشاورزی را تأمین کند، اما در بلندمدت منجر به کاهش کیفیت خاک و افت حاصل‌خیزی می‌شود. همچنین، عوامل غیرمستقیم مانند اقلیم، رشد جمعیت و عوامل اقتصادی نیز در تخریب زمین مؤثرند. تأثیرات اقلیم در بخش‌های مختلف کشور متفاوت است؛ به‌عنوان مثال، خاک‌های استان‌های حاشیه دریای خزر بیشتر در معرض فرسایش ناشی از آب قرار دارد، در حالی که در نواحی بیابانی، فرسایش عمدتاً ناشی از باد است (ایرانمنش، ۱۴۰۳).

• تغییر کاربری اراضی

مهاجرت روستاییان به شهرها، افزایش جمعیت در مناطق شهری و روستایی، تبدیل روستاها به شهرها و احداث جاده‌ها از جمله عوامل مؤثر در تخریب زمین و خاک هستند. ساخت‌وساز در حاشیه شهرها و استقرار صنایع نیز به فشردگی و متراکم شدن خاک منجر می‌شود که فعالیت‌های بیولوژیک خاک را در این مناطق مختل می‌کند (ایرانمنش، ۱۴۰۳). همچنین، شهرنشینی عامل اصلی بروز پیامدهای منفی محیط‌زیستی از جمله آلودگی خاک به فلزهای سنگین و متالوئیدها است. آلودگی فلزهای سنگین به دلیل سمیت بالقوه و اثرات منفی آن بر موجودات زنده، یکی از مهم‌ترین مشکلات محیط‌زیستی به‌شمار می‌رود. مهم‌ترین فلزات سنگین شامل کادمیوم، آرسنیک، جیوه، مس و سرب هستند که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های شهری و صنعتی انسان می‌باشند (نقیبی و همکاران، ۱۴۰۲).



تالاب گاوخونی، استان اصفهان، تابستان ۱۴۰۱، عکاس: آرشد حسینی

• شور و قلیایی شدن خاک

شور شدن تدریجی اراضی یکی از مشکلات ناشی از مدیریت نادرست حوزه‌ها است. افزایش شوری آب‌های سطحی و زیرزمینی ناشی از فشار بی‌رویه، از بین رفتن پوشش گیاهی و تخریب جنگل‌ها و مراتع هستند. شوری تهدیدی برای بهداشت و توان تولیدی خاک و جوامع روستایی و شهری است. کاهش محصولات زراعی اولین و مهم‌ترین تأثیر منفی شور شدن خاک است که می‌تواند به قلیایی شدن خاک و گسترش بیابان منجر شود (زرین و همکاران، ۱۳۸۷). فلات ایران به دلیل داشتن اراضی وسیع در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بیشتر در معرض این آسیب قرار دارد. کشور ایران به دلیل وابستگی به کشاورزی فاریاب، به شدت در معرض شور شدن اراضی است و حدود ۹۰ درصد از محصولات زراعی روی اراضی آبی تولید می‌شوند، که ۶/۸ میلیون هکتار از ۸ میلیون هکتار اراضی آبی کشور، مبتلا به درجات مختلف شوری هستند (رحمانی سیالرز و کشاورزی، ۱۴۰۲).

• تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

با توجه به محدودیت تأمین آب شیرین برای مصارف کشاورزی، به‌ویژه در مناطق خشک، استفاده از آب شور به‌طور گسترده‌ای برای آبیاری محصولات زراعی رواج یافته‌است، استفاده از آب شور با غلظت بالای نمک، به‌ویژه نمک سدیم، می‌تواند به کاهش بازده تولید و تخریب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منجر شود. بنابراین، لازم است از الگوهای آبیاری مناسبی استفاده شود تا علاوه بر افزایش عملکرد محصول، از تخریب و فرسایش خاک نیز جلوگیری گردد آبیاری سفالی یکی از روش‌هایی است که عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌های آبیاری دارد و در مناطق خشک که با بحران آب مواجه‌اند، ممکن است مناسب‌تر باشد (جهان‌تیغ و جهان‌تیغ، ۱۴۰۱).

▪ تأثیر تغییر اقلیم بر چالش‌های

پیش روی خاک‌های کشور

اصطلاح اقلیم به متوسط بلندمدت آب‌وهوایی یک منطقه اطلاق می‌شود، آب‌وهوا می‌تواند گرم‌تر یا سردتر از حد نرمال شود یا میانگین هر یک از اجزای آن با گذشت زمان افزایش یا کاهش می‌یابد، اما دگرگونی اقلیم یک تغییر برگشت‌ناپذیر در میانگین شرایط آب‌وهوایی است که در یک منطقه اتفاق می‌افتد. تغییرپذیری اقلیم شامل هرگونه دگرگونی در آب‌وهوا است که طولانی‌تر از رخدادهای منفرد آب‌وهوایی است و ممکن است به مدت چند دهه یا طولانی‌تر باقی بماند. اقلیم در نتیجه عواملی همچون فرایندهای دینامیکی زمین یا عوامل بیرونی همچون تغییرات در شدت تابش آفتاب یا فعالیت‌های انسانی رخ می‌دهد (صیاد و همکاران، ۱۴۰۲).

۱. تأثیر تغییر اقلیم بر ویژگی‌های فیزیکی و

شیمیایی خاک‌ها

رابطه‌ای عمیق میان سلامت خاک و اقلیم جهانی وجود دارد که عمدتاً به ذخیره و انتشار ترکیبات کربن‌دار، نیتروژن‌دار و دیگر ترکیبات آلی و غیرآلی مربوط می‌شود. در ارزیابی سلامت خاک، ضروری است که به تأثیر عوامل مؤثر بر تغییر اقلیم نظیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در جو، افزایش دما، تغییر در الگوهای بارش و بالا آمدن سطح آب دریاها بر کارکردهای شیمیایی و فیزیکی خاک توجه شود. شناخت اثرات ناشی از پدیده تغییر اقلیم بر ویژگی‌ها و عملکردهای خاک می‌تواند بشر را در مواجهه با چالش‌های احتمالی این تغییرات در زمینه کشاورزی و امنیت غذایی یاری رساند. این موضوع به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، با توجه به شرایط جغرافیایی خاص آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بخش وسیعی از مساحت ایران و تأثیرپذیری قابل توجه این مناطق از عناصر اقلیمی و پدیده تغییر اقلیم، ضرورت بررسی اثرات این تغییرات بر ویژگی‌های خاک‌های کشاورزی را به‌ویژه در این نواحی دوچندان می‌کند (ایرانمش، ۱۴۰۳).

۲. اثرات تغییر اقلیم بر ساختار خاک

وقوع خشک‌سالی‌ها و آتش‌سوزی‌ها، خاک را در معرض فرآیندهایی قرار می‌دهد که منجر به تخریب ساختار آن می‌گردد، براساس پیش‌بینی‌ها، انتظار می‌رود این خاک‌ها در بلندمدت با خشکی مواجه شوند. همچنین، وقوع بارش‌های ناگهانی و سیل‌آسا در مناطق گرم و خشک، می‌تواند به تخریب ساختار خاک به‌واسطه فرآیندهای فروپاشی و پخش‌شدن ذرات منجر شود. علاوه بر این، تغییرات ناشی از تغییر اقلیم ممکن است به انجام عملیات خاک‌ورزی در شرایط رطوبت نامطلوب منجر شود که این امر می‌تواند به فشردگی بیش از حد یا پودر شدن خاک منجر گردد. در این راستا، جایگزینی سیستم‌های کشاورزی سنتی با روش‌های کشاورزی حفاظتی می‌تواند از پیامدهای منفی ناشی از تغییر اقلیم بر ثبات خاک‌دانه‌ها جلوگیری کند (ایران‌مش، ۱۴۰۳).

تغییر اقلیم می‌تواند به‌طور غیرمستقیم با تأثیرگذاری بر ویژگی‌های زیستی خاک، بر ساختار آن تأثیر بگذارد. موجودات زنده خاک، نظیر کرم‌های خاکی و موربانه‌ها، نقش مهمی در ساختار خاک و ویژگی‌های فیزیکی مرتبط با آن، از جمله هدایت هیدرولیکی خاک ایفا می‌کنند. این موجودات با بلعیدن ذرات معدنی و آلی و دفع آن‌ها به‌صورت ذرات ریز، فرآیندهای هضمی را ایجاد می‌کنند که بر خاصیت کلوئیدی مواد آلی تأثیر می‌گذارد و منافذ و مسیرهای پایدار را در خاک ایجاد می‌کنند. در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارندگی تنها منبع اصلی تأمین رطوبت است، وقوع خشک‌سالی‌های طولانی‌مدت ناشی از تغییر اقلیم می‌تواند بر قابلیت زنده‌مانی و طول عمر این موجودات تأثیر منفی بگذارد (محمدزاده، ۱۴۰۲).

▪ مهمترین مسائل مدیریت منابع

خاک ایران

مدیریت پایدار منابع خاک عامل کلیدی در تحقق توسعه پایدار کشور شناخته می‌شود (صادقی مزیدی و وصالی، ۱۳۸۷). با توجه به اینکه خاک سطحی‌ترین لایه کره زمین و تأمین‌کننده رژیم غذایی پایدار برای کشور و جهان هست مهم‌ترین مسائل مدیریتی به تفکیک و مختصر به شرح زیر می‌توان طبقه‌بندی نمود.

۱. موقعیت طبیعی قرارگیری کشور

در بسیاری از نواحی کشور ریزش‌های جوی اغلب نامنظم و به شکل رگباری هستند، به همین جهت باران‌های رگباری می‌تواند به ایجاد سیل کمک کرده و با جریان سیل از روی دامنه‌ها و زمین‌های زراعی، مقدار زیادی از خاک را با خود حمل کنند. همچنین میانگین بارش سالانه ایران از میزان آن در جهان، آسیا و حتی برخی از کشورهای همسایه کمتر است و در حدود ۲۶۰ میلی‌متر است. این شرایط به کاهش حجم رطوبت خاک می‌انجامد و زمینه را برای افزایش شدت فرسایش بادی و آبی فراهم می‌سازد (عبیات و همکاران، ۱۴۰۱).

مناطق پرجمعیت ایران عمدتاً از غرب، شمال‌غرب تا شمال‌شرق دارای کوهستان‌های فراوان هست و اغلب سکونتگاه‌های روستایی و زمین‌های کشاورزی در دامنه‌های شیب‌دار کوهستانی قرار دارد. این امر به آب‌های ناشی از باران کمک می‌کند تا با سرعت بیشتری خاک‌ها را حمل کند و به روند کاهش کیفیت خاک سرعت بخشند، پوشش‌های گیاهی در اغلب نواحی کشور فقیر است. وجود پوشش گیاهی مناسب، مانند چتری دانه‌های خاک را در برابر ضربات مستقیم بارش و رگبار حفظ می‌کند، به‌طوری که با افزایش میزان پوشش گیاهی از شدت فرسایش نیز کاسته می‌شود (عبیات و همکاران، ۱۴۰۱).

۲. مسائل مدیریت منابع خاک ناشی از فعالیت‌های

انسانی در ایران

فقر مواد آلی و مغذی را به دنبال دارد و زمینه را برای تخریب خاک از طریق آبیروی و سایر فرآیندها فراهم می‌سازد (عسگری و همکاران، ۱۳۸۷).

• روش‌های سنتی آبیاری و عدم

توسعه روش‌های بهینه و نوین

در بسیاری از نواحی ایران، استفاده از روش‌های نادرست مانند آبیاری شیاری منجر به شستشوی خاک و فرسایش آن می‌شود. در حالی که استفاده از روش‌های نوین و علمی نظیر آبیاری قطره‌ای و بارانی، نه تنها در بهینه‌سازی مصرف منابع آب نقش مؤثری دارد، بلکه از افت کیفیت خاک نیز جلوگیری می‌کند (اسماعیل پور و همکاران، ۱۴۰۲).

• روش‌های شخم نامناسب به‌ویژه

در زمین‌های شیب‌دار

افزایش شیب زمین به‌طور مستقیم بر میزان کاهش منابع خاکی تأثیرگذار است. در حال حاضر، شرایط جغرافیایی و انتخاب مکان برای سکونتگاه‌های روستایی، به‌ویژه در نواحی کوهستانی و کوهپایه‌ای، منجر به کشت و شخم‌زنی زمین‌هایی با شیب ۱۰ تا ۱۲ درصد شده است (بیات و همکاران، ۱۳۹۰). مناطق پرجمعیت ایران، به‌ویژه در نواحی غربی، شمال‌غربی و شمال‌شرقی، دارای کوهستان‌های متعددی هستند. در دهه‌های اخیر، تشدید فعالیت‌های انسانی در این مناطق کوهستانی موجب بروز اختلالات عمده در سطوح شیب‌دار و تسریع در فرآیندهای طبیعی شده و به‌شدت بر فرسایش خاک افزوده‌است. کاربری غیراصولی در سطوح شیب‌دار و تجاوز به حریم رودخانه‌ها، تغییرات قابل‌توجهی در ویژگی‌های مکانیسم‌های مختلف، به‌ویژه سیستم‌های زهکشی، ایجاد کرده و در نتیجه موجب کاهش ثبات شیب‌ها شده‌است (بیاتی، ۱۳۸۴). این چالش‌های مدیریتی نیازمند توجه و اقدامات مؤثر برای حفظ کیفیت خاک و بهبود روش‌های کشاورزی هستند.

مدیریت منابع خاک در ایران تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارد که شامل، رشد جمعیت، شیوه‌های نامناسب کشت، روش‌های سنتی آبیاری و روش‌های نامناسب شخم است. این مسائل منجر به تخریب خاک، کاهش حاصل‌خیزی و افزایش فرسایش می‌شود که در نهایت به تهدید امنیت غذایی و پایداری محیط‌زیست کشور منجر خواهد شد، که به‌طور خلاصه به شرح زیر است.

• تأثیرات رشد جمعیت و مدیریت

نادرست بر تخریب خاک

سرعت رشد جمعیت جهانی با نرخ ۱/۸ درصد در سال، به همراه ناآگاهی و عدم مدیریت مناسب در زمینه توزیع نامتعادل منابع خاک در کره زمین، تلاش‌های انسانی برای دستیابی به انواع مواد غذایی و محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده است. محدودیت‌های موجود در منابع خاک و سرانه زمین، این تخریب و هدررفت را تشدید می‌کند. آلودگی خاک ناشی از دفن زباله‌های شهری و صنعتی، شخم‌های نامناسب زراعی، از دست‌دادن جنگل‌ها و پوشش‌های گیاهی، و نامناسب بودن سیستم‌های آبیاری، از جمله عوامل عمده تخریب خاک به‌شمار می‌روند. مدیریت خاک و مسائل مرتبط با آن، توجه متخصصان و فعالان محیط‌زیست را به خود جلب کرده است. ارتباط مستقیم و غیرمستقیم انسان با خاک از طریق کشاورزی و منابع آب، اهمیت آن را در برنامه‌ریزی‌های کلان افزایش می‌دهد (عبیات و همکاران، ۱۴۰۱).

• شیوه‌های نادرست زراعت و کشت

در اراضی کشاورزی

یکی از مسائل کلیدی در این زمینه، بهره‌برداری بی‌رویه از زمین‌های کشاورزی است. فقر روستایی، کمبود سرانه زمین و پایین بودن راندمان کشت در واحد سطح، از جمله عواملی هستند که موجب می‌شوند بخش زیادی از زمین‌های کشاورزی هر ساله زیر کشت انواع محصولات قرار گیرند. این شرایط، بهره‌کشی بیش از حد از خاک و

نتیجه‌گیری

مدیریت پایدار منابع خاک در ایران به‌عنوان یک چالش اساسی در راستای حفظ امنیت غذایی، آب و انرژی و همچنین حفظ تنوع‌زیستی و کیفیت محیط‌زیست مطرح است. با توجه به وضعیت کنونی خاک‌ها و چالش‌های متعددی که از جمله فرسایش، آلودگی و تغییر کاربری اراضی با آن مواجه هستند، ضروری است که اقدامات مؤثری برای بهبود وضعیت خاک‌ها انجام شود. تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت و مدیریت نادرست منابع طبیعی، تهدیدات جدی برای کیفیت و بهره‌وری خاک‌ها به شمار می‌روند. در این راستا، نیاز به بررسی دقیق و جامع چالش‌های موجود و ارائه راهکارهای عملی و علمی برای مدیریت پایدار منابع خاک احساس می‌شود که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

راهکارهای عملی

۱. توسعه روش‌های کشاورزی پایدار: ترویج کشاورزی حفاظتی و استفاده از تکنیک‌های نوین مانند آبیاری قطره‌ای و بارانی برای کاهش مصرف آب و حفظ رطوبت خاک، تشویق کشاورزان به استفاده از کودهای ارگانیک و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی برای حفظ و بهبود کیفیت خاک.
۲. آموزش و آگاهی‌بخشی: برگزاری دوره‌های آموزشی برای کشاورزان و جوامع محلی در زمینه مدیریت پایدار خاک و آب، افزایش آگاهی عمومی درباره اهمیت حفظ خاک و تأثیرات فعالیت‌های انسانی بر آن.
۳. حفاظت از پوشش گیاهی: اجرای برنامه‌های احیای پوشش گیاهی در مناطق آسیب‌دیده به‌منظور کاهش فرسایش و بهبود کیفیت خاک. تشویق به استفاده از گیاهان بومی و مقاوم به خشکی برای حفظ تنوع‌زیستی و بهبود شرایط خاک.
۴. پایش و نظارت مستمر: ایجاد سیستم‌های پایش و نظارت بر وضعیت خاک و آب به‌منظور شناسایی زود هنگام مشکلات و اتخاذ تدابیر لازم. استفاده از فناوری‌های نوین

مانند سنجش از دور و GIS برای ارزیابی و مدیریت منابع خاک.

✓ این راهکارها می‌توانند به‌عنوان بخشی از استراتژی‌های کلان کشور برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و بهبود وضعیت خاک در ایران مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

اسدی، ح.، بشارتی، ح. و گرجی، م. (۱۴۰۱). چالش‌ها و محدودیت‌های منابع خاک و اراضی در ایران. <https://civilica.com/doc/1586079>

اسماعیل‌پور، ی.، عابدی‌نژاد، ج.، غلامی، ع. و صادقی لاری، ع. (۱۴۰۲). تأثیر نوع کشت، روش آبیاری و نوسانات آب زیرزمینی بر تغییرات برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه موردی: داراب فارس). فصلنامه علمی مهندسی منابع آب، ۱۶ (۵۸)، ۲۱-۳۰.

ایرانمنش، م. (۱۴۰۳). تحلیل و بررسی جغرافیایی عوامل فرسایش خاک و راه‌های جلوگیری از آن. ششمین همایش ملی پژوهش‌های حرفه‌ای در روانشناسی و مشاوره با رویکرد از نگاه معلم، میناب، <https://civilica.com/doc/2082505>

بدری، م. (۱۴۰۳). مروری بر روند فرسایش و تخریب خاک و راهکارهای حفاظت از آن در ایران. پنجمین کنفرانس ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک در جامعه، تهران، <https://civilica.com/doc/1987833>

بیات، ن.، رستگار، ا. و عزیززی، ف. (۱۳۹۰). حفاظت محیط‌زیست و مدیریت منابع خاک روستایی در ایران. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱ (۲)، ۶۳-۷۸.

بیاتی، م. (۱۳۸۴). بررسی نقش تشدید فعالیت‌های انسانی در دره‌های کوهستان‌های نیمه‌خشک بر فرسایش خاک. همایش ملی فرسایش و رسوب، SID. <https://sid.ir/paper/813825/fa>

طبیعی، محیظیست و گردشگری، تهران،
<https://civilica.com/doc/1557449>

عسگری، ش.، ثروتی، م. و جعفری، م. (۱۳۸۷). برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه سد ایلام با استفاده از مدل MPSIAC. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، (۶۳)، ۲۹-۳۵.

عظیمزاده، ی. (۱۴۰۲). نقش بیوجار در حاصلخیزی خاک و بهره‌وری محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک: چالش‌ها و فرصت‌ها. تحقیقات آب و خاک ایران، (۹) ۵۴، (۱۳۳۷-۱۳۶۲).

غفوری، س.، براتی، ع. و هاشمی، س. (۱۳۹۶). مدیریت پایدار منابع خاک و مهمترین چالش‌های پیش‌روی آن در قرن ۲۱. کنفرانس بین‌المللی مدیریت منابع طبیعی در کشورهای در حال توسعه، کرج، <https://civilica.com/doc/780505>

گودرزی، م.، پیریانی، ر. و موسوی، م. (۱۳۹۹). درک پیوند آب-غذا-انرژی و مدیریت برای بهره‌وری از منابع آب موجود. آب و خاک، (۲) ۳۴، ۲۵۵-۲۶۸.

محمدزاده، ا. و عظیمزاده، ی. (۱۴۰۲). اثر تغییر اقلیم بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک. حفاظت منابع آب و خاک، (۳) ۱۲، ۱۳۹-۱۵۲.

مسافری، م.، یحیی‌زاده، ج.، محمدیان، ی. و مشتاقی، ف. (۱۴۰۱). چالش مصرف سموم کشاورزی با نگاهی به وضعیت موجود در شمال غرب ایران و آلودگی منابع آب و خاک. چهارمین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، قم،
<https://civilica.com/doc/1630807>

نقیبی، س.، باقرنژاد، م.، ابطحی، س.، موسوی، س. و زارعی، م. (۱۴۰۲). ارزیابی اثر کاربری زمین و ویژگی‌های خاک بر اندازه‌ی سرب خاک آبخیز شهری شیراز با استفاده از زمین‌آمار و نقشه برداری رقومی خاک. پژوهش‌های آبخیزداری، (۴) ۳۶، ۶۲-۸۰.

نوروزی، م.، برلیان، پ. و اسکندری خوشگو، م. (۱۴۰۳). رویکرد حقوق بین‌الملل در خصوص تعهدات دولت‌ها در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای برای نیل به اهداف مبارزه با تغییر اقلیم جهانی. پژوهش حقوق عمومی، (۸۳) ۲۶، ۱۳۷-۱۷۴.

جهان تیغ، م. و جهان تیغ، م. (۱۴۰۱). تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، (۴) ۲، ۶۷-۷۸.

حسین زاد، ج.، کاظمیه، ف.، جوادی، ا. و غفوری، ه. (۱۳۹۲). زمینه‌ها و سازوکارهای مدیریت آب کشاورزی در دشت تبریز. دانش آب و خاک، (۲) ۲۳، ۸۵-۹۸.

رحمانی سیالرز، ش. و کشاورزی، ع. (۱۴۰۲). مروری بر چالش‌های انتخاب شاخص‌های مناسب دورسنجی در مطالعات شوری خاک. مدیریت اراضی، (۱) ۱۱، ۹۹-۱۱۹.

رضایی، ح.، شهبازی، ک.، سعادت، س. و بازرگان، ک. (۱۴۰۱). بررسی وضعیت آلودگی خاک و محصولات کشاورزی در ایران. مدیریت اراضی، (۱) ۱۰، ۶۱-۹۳.

زرین، ه.، شامحمدی، ز. و محمدی، ح. (۱۳۸۷). ضرورت مدیریت جامع منابع آب و خاک در حوزه‌های آبخیز کشور. کنفرانس بین‌المللی بحران آب، SID.
<https://sid.ir/paper/814426/fa>

سپاس‌خواه، ع. (۱۳۹۶). تولید پایدار اتانول زیستی در ارتباط با منابع آب و خاک در ایران. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، (۱) ۲، ۲۹-۴۴.

صادقی مزیدی، ص. و وصالی، س. ع. (۱۳۸۷). کشاورزی پایدار با مدیریت منابع خاک. همایش منطقه ای کشاورزی، محور رشد و توسعه، <https://sid.ir/paper/813970/fa>. SID.

صفری، ی. (۱۴۰۲). مروری بر شاخص‌های اندازه‌گیری امنیت غذایی در کشور و نقش گم‌شده خاک. مدیریت اراضی، (۱) ۱۱، ۱۵-۲۹.

صیاد، و. فخری، م. و تقی‌زاده، س. (۱۴۰۲). تحلیل مطالعات اثر تغییر اقلیم در آینده جهان و راهکارهای کاهش اثرات مخرب آن. فصلنامه آمار و فناوری دفاعی، (۳) ۶، ۱۲۷-۱۵۲.

عبیات، م.، عبیات، م. و عبیات، م. (۱۴۰۱). تحلیل عوامل موثر در مدیریت پایدار منابع خاک در حوضه آبخیز رامهرمز. هفتمین کنگره ملی سالانه یافته‌های نوین در علوم کشاورزی و منابع



ولایت زاده، م. (۱۴۰۳). اثرات آلودگی پلاستیک‌ها و میکروپلاستیک‌ها در منابع خاک‌های سطحی و کشاورزی. ششمین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت محیط‌زیست، اهواز،

<https://civilica.com/doc/2058943>

Abbasi, S., Turner, A., Hoseini, M., & Amiri, H. (2021). Microplastics in the Lut and Kavir deserts, Iran. *Environmental Science & Technology*, 55(9), 5993-6000.

De Corato, U., Viola, E., Keswani, C., & Minkina, T. (2024). Impact of the sustainable agricultural practices for governing soil health from the perspective of a rising agri-based circular bioeconomy. *Applied Soil Ecology*, 194, 105199.

El-Ramady, H., Brevik, E. C., Abowaly, M., Ali, R., Saad Moghanm, F., Gharib, M. S., & Prokisch, J. (2024a). Soil degradation under a changing climate: management from traditional to nano-approaches. *Egyptian Journal of Soil Science*, 64(1).

El-Ramady, H., Prokisch, J., Mansour, H., Bayoumi, Y. A., Shalaby, T. A., Veres, S., & Brevik, E. C. (2024b). Review of crop response to soil salinity stress: Possible approaches from leaching to nano-management. *Soil Systems*, 8(1), 11.

FAO. (2015). 2015 the International Year of Soils: healthy soil for a healthy life. Retrieved from Rome Italy: <http://www.fao.org/soils-2015/about/en/>

Majumdar, A., Moulick, D., & Srivastava, S. (2024). 'Save Soil' by managing soil nutrient losses, agronomic practices and crop-microbial interaction: World Soil Day 2022. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1360937.

Shariati, S., Pourbabaee, A. A., Alikhani, H. A., & Rezaei, K. A. (2019). Assessment of phthalic acid esters pollution in Anzali wetland, north of Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 7025-7036.



Challenges Facing the Iran's Soils

Mohammad Borhani^{1*}, Zahra Raeisi²

1- M.Sc. in environmental science and engineering, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Bachelor's student in Geology, Faculty of Basic Sciences, Velayat University, Iranshahr, Iran.

*Corresponding Author's E-mail: borhani.mohammad@ut.ac.ir

Abstract

Iran, as a country with a dry and semi-arid climate, faces significant challenges in soil resource management. This study examines the challenges and solutions for sustainable soil resource management in Iran. Soil, as a non-renewable resource, plays a vital role in meeting human needs and maintaining ecosystem balance. However, erosion, pollution, and land-use changes are recognized as serious threats to soil quality and food security in Iran. Globally, more than 50% of agricultural land faces salinity issues, which negatively affects plant growth. This research utilizes relevant articles and studies to identify major challenges such as the impacts of climate changes, pollution from microplastics and agricultural chemicals, and the decline in soil quality. The results indicate that improper management of soil resources and population growth have created serious problems. To deal with these challenges, the development of sustainable agricultural methods, farmers education, and the protection of vegetation cover are recommended. These measures can help maintain food security and improve the quality of the environment quality improvement. It is inevitable to pay attention to the sustainable management of soil resources as a necessity for the sustainable development and preservation of the country's natural resources.

Keywords: Sustainable development, Soil erosion, Climate change, Soil management