Archive of SID

چالش‌ها و محدودیت‌های منابع خاک و اراضی در ایران

حسین اسدی، حسین بشارتی[۱] و منوچهر گرجی

دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران.
ho.asadi@ut.ac.ir
استاد، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
hbesharati@swri.ir
استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران.
mgorji@ut.ac.ir

چکیده

کشور ایران با قرار گرفتن در محدوده خشک و نیمه‌خشک جهان و نیز با توجه به شرایط زمین‌شناسی و پستی و بلندی، دارای محدودیت‌های متنوع و گسترده‌ای در منابع خاک و اراضی می‌باشد. این محدودیت‌ها با بهره‌برداری‌های غیراصولی و فشرده در طی چند دهه گذشته، موجب ایجاد چالش‌های فراوانی برای این منابع پایه و در نتیجه به خطر افتادن امنیت غذایی و سلامت جامعه شده است. در این مقاله، ضمن بیان مختصر اهمیت و کارکردهای خاک، وضعیت فعلی و مهم‌ترین چالش‌ها و محدودیت‌های منابع خاک کشور تبیین شده‌است. بر اساس اطلاعات و داده‌های موجود، فرسایش آبی و بادی خاک مهم‌ترین عامل تخریب خاک در ایران است که دارای پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیطی فراوان و گسترده‌ای است. فرسایش خاک به شکل‌های مختلف بادی و آبی در گستره ایران در همه کاربری‌ها وجود دارد. فرسایش‌های سطحی اغلب در دیمزارها و مراتع تخریب شده بسیار معمول می‌باشد. در حالی که فرسایش‌های عمقی (آبکندی و کناره‌ای) نقش غالب و اصلی را در تلفات کل خاک و رسوبدهی حوضه‌ها دارند. کم‌ترین مقدار متوسط فرسایش خاک برآورد شده در کشور، خیلی بیش‌تر از حد قابل تحمل خاک و توان خاکسازی می‌باشد. مهم‌ترین عامل تخریب خاک در اراضی فاریاب، شورشدن خاک است. دست‌کم بیش از ۵۰ درصد اراضی تحت کشت آبی کشور با مشکل فزاینده شوری مواجه هستند. تغییر کاربری اراضی را شاید بتوان مهم‌ترین و اضطراری‌ترین چالش منابع خاک کشور به‌ویژه اراضی حاصلخیز کشاورزی دانست که دارای پیامدهای منفی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و امنیتی می‌باشد. کمبود کربن آلی و کاهش توان تولیدی منابع خاک از محدودیت‌های مهم کیفیت اراضی کشاورزی می‌باشد که امنیت و سلامت غذایی کشور را به‌شدت تهدید می‌کنند. تخریب منابع خاک کشور، نه تنها کارکرد تولیدی و زیست‌محیطی آن را تحت تأثیر قرار داده، بلکه ظرفیت اراضی و سرزمین را برای مقابله و سازگاری با تغییر اقلیم، وقوع خشک‌سالی و سیل نیز به‌شدت کاهش داده است. وقوع سیلاب‌های شدید با تواتر بیشتر از دوره بازگشت رخدادهای بارندگی و نیز خشک‌سالی‌های شدیدتر از نشانه‌های این روند می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تخریب خاک، کاهش کربن آلی، تغییر کاربری اراضی، شوری خاک، فرسایش خاک

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کمبود آب (شرب و کشاورزی)، وقوع سیلاب، کمبود انرژی، کمبود غذا و آلودگی (هوا، خاک و آب) از مهم‌ترین مسائل فعلی بشر در سطح جهانی هستند. این پنج مشکل متأثر از و اثرگذار بر پدیده نوظهورتر گرمایش زمین و تغییر اقلیم می‌باشند. این مشکلات به یکدیگر وابسته بوده و در همه جای دنیا گسترده هستند و راه‌حل آن‌ها 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 با کیفیت 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 زیست-بوم‌ها و تداوم چالش حفظ تنوع زیستی دنیا اثرگذار خواهند بود. بررسی دقیق و تحلیل این مسائل محیط‌زیستی و چالش‌های جهانی نشان می‌دهد که خاک نقش مهمی در رفع، مواجهه یا سازگاری با 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. سازمان ملل (۲۰۲۰)، دانش خاک را برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار ملل متحد ضروری می‌داند. دست‌کم ۱۱ هدف از اهداف توسعه پایدار به‌طور مستقیم یا به‌واسطه تولید محصول به ویژگی‌های خاک وابسته بوده و دستیابی به آن‌ها مستلزم درک ویژگی‌ها و فرایندهای خاک در مقیاس‌های ملی و منطقه‌ای است (لل و همکاران، ۲۰۲۱). برای اجتناب از تخریب بیش‌تر اراضی و کمک به دستیابی به اهداف توسعه پایدار، شناخت وضعیت و چالش‌های فعلی منابع خاک و ارائه راهکارهای مناسب برای احیاء خاک‌های تخریب‌شده و مدیریت پایدار آن امری ضروری است.

سازمان خوار و بار جهانی به‌طور کلی ۱۱ کارکرد/خدمات مختلف برای خاک قائل است. این کارکردها شامل، تأمین غذا، الیاف و سوخت از طریق حمایت از رشد گیاه، توقف کربن در خاک، تصفیه آب و کاهش آلاینده‌ها، تعدیل اقلیم، چرخه عناصر غذایی، زیستگاه جانداران، مهار سیل، خواستگاه منابع ژنتیکی و دارویی، زیربنای سازه‌های انسان‌ساخت، تأمین مصالح ساختمانی و حفاظت میراث فرهنگی هستند. خدمات و کارکردهای خاک در چهار گروه حمایتی، تدارکاتی، تنظیمی و فرهنگی دسته‌بندی می‌شوند. 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 دفن بقایا و زباله‌ها به‌عنوان خدمات تنظیمی خاک هستند. گودبرداری خاک برای مصالح ساختمانی مثالی از خدمات تدارکاتی است، درحالی‌که ارزش روحی، محافظت از آثار باستانی و میراث فرهنگی از خدمات فرهنگی خاک می‌باشد (مک‌برتنی و همکاران، ۲۰۱۴).

بر اساس آمارهای جهانی مساحت کل اراضی دنیا حدود ۱۴ میلیارد هکتار است که حدود ۳۰/۷ درصد (چهار میلیارد هکتار) جنگل و حدود ۴/۸ تا ۵ میلیارد هکتار اراضی کشاورزی است. حدود ۶۰ درصد کل زمین‌های کشاورزی جهان در ۲۰ کشور پر جمعیت دنیا قرار دارد که نزدیک به ۷۰ درصد جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند. آمریکا و روسیه به ترتیب ۴/۵ و ۲ درصد جمعیت جهان را دارند، اما به ترتیب ۱۱/۵ و ۸/۷ درصد از اراضی کشاورزی دنیا را در اختیار دارند. سرانه اراضی کشاورزی در آمریکا و روسیه به ترتیب ۰/۵۲، ۰/۸۶ هکتار می‌باشد. در مقابل، چین و هند به ترتیب با ۱۹/۲ و ۱۷/۶ درصد جمعیت جهان، حدود ۸ و ۱۱/۳ درصد زمین‌های کشاورزی دنیا را دارا بوده و کم‌ترین سرانه اراضی را دارند. در چین سرانه اراضی از ۸۰۰ مترمربع تجاوز نمی‌کند (سعیدنیا، ۱۳۹۴). بررسی روند تغییر مقدار سرانه زمین کشاورزی در دنیا در ۵۰ سال گذشته، بیانگر کاهش آن از حدود ۰/۴۵ به ۰/۲۲ هکتار یعنی به کمتر از نصف است.

ایران هجدهمین کشور وسیع دنیا است، اما از نظر خاک به‌ویژه خاک مناسب کشاورزی چنین جایگاهی را ندارد. از ۱۶۵ میلیون هکتار وسعت کشور، تنها حدود ۷۹

www.SID.ir

Archive of SID

میلیون هکتار سطح کشور پوشیده از خاک است (روزیطلب و همکاران، ۲۰۱۸) که از این مقدار حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار در چرخه تولید محصولات کشاورزی قرار دارد. اراضی زیرکشت آبی که حدود ۹۰ درصد محصول کشور در آن‌ها تولید می‌شود، حدود هشت میلیون هکتار است. نکته قابل توجه این است که ۶/۸ میلیون هکتار از این ۸ میلیون هکتار، دارای محدودیت‌های مختلف (از جمله شوری، سنگریزه‌دار بودن، کم عمقی) بوده و تنها ۱/۲ میلیون هکتار از اراضی آبی کشور فاقد هرگونه محدودیتی است. از ۱۰/۵ میلیون هکتار اراضی دیم نیز سالانه حدود ۴/۲ میلیون هکتار به‌صورت آیش باقی می‌ماند (موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۹۳). جمعیت ایران حدود ۱/۱ درصد جمعیت جهان و سطح کل اراضی کشاورزی آن کمتر از ۰/۴ درصد از اراضی کشاورزی دنیا است. در حال حاضر، سرانه اراضی کشاورزی در ایران بر اساس اراضی در چرخه تولید، حدود ۰/۱۶ هکتار است. همین منابع اندک خاک به شکل‌های گوناگون از نظر کمی و کیفی دارای روند قهقرایی است. فرسایش خاک، تغییر کاربری اراضی حاصلخیز، گسترش شوری، کاهش بنیه حاصلخیزی، فقر مواد آلی، روش‌های نامناسب شخم و عملیات زراعی، فقدان قوانین و ضوابط جهت استفاده مناسب و جلوگیری از تخریب و آلودگی خاک، ورود آلاینده‌ها به خاک و اثرات ناشی از تغییر اقلیم، از جمله مسائلی هستند که کمیت و کیفیت منابع خاک را تهدید می‌کنند.

وضعیت فرسایش خاک در ایران

فرسایش آبی خاک و رسوب‌دهی: با وجود تلاش-های فراوان، در مورد میزان فرسایش خاک در کشور اتفاق نظر وجود ندارد. کارشناسان در اواخر دهه ۱۳۴۰ و اوایل دهه ۱۳۵۰ معتقد بودند که میزان هدررفت سالانه خاک در اثر فرسایش در کشور بین ۶۰۰ میلیون تا یک میلیارد تن است (به نقل از باختر، ۱۳۵۲). برمبنای نخستین نقشه فرسایش خاک که با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰۰ توسط یونسکو با همکاری فائو و برنامه محیط‌زیست سازمان ملل در سال ۱۹۸۰، برای خاورمیانه و شمال آفریقا تهیه شد، شاهویی (۱۳۶۸) درصد مساحت کلاس‌های مختلف این نقشه را در محدوده ایران تعیین کرد. بر اساس حد وسط هر کلاس، میزان کل هدررفت خاک کشور ۳/۲ میلیارد تن (معادل حدود ۲۰ تن در هکتار) در سال خواهد بود. جلالیان و همکاران (۱۳۷۳) بر مبنای آمار رسوب‌سنجی در ۲۴ زیر حوضه با مساحتی بالغبر ۷۳ میلیون هکتار و تحلیل آمار و داده‌ها برمبنای سال‌های کم‌باران و پرباران، میانگین رسوب‌دهی ویژه را ۷/۵ تن در هکتار در سال و فرسایش خاک در این حوضه‌ها را حدود ۲۵ تن در هکتار در سال برآورد کردند. عرب‌خدری (۱۳۸۴) بر اساس آمار رسوب‌دهی معلق ۲۰۹ ایستگاه رسوب‌سنجی در سطح کشور، میانه رسوب‌دهی ویژه معلق کشور را ۲/۱۴ تن در هکتار در سال و میزان فرسایش خاک کشور را بدون احتساب بار بستر، بالغبر یک میلیارد تن در سال (حدود ۶ تن در هکتار در سال) برآورد کردند. با تهیه نقشه میزان فرسایش در سطح کشور با کاربرد مدل EPM، متوسط فرسایش خاک ۶/۹ تن در هکتار در سال و مقدار کل فرسایش ۱/۱۳ میلیارد تن برآورد گردید (پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۸۶).

عربخدری (۱۳۹۳) با تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از اندازه‌گیری و تخمین فرسایش خاک و رسوب‌دهی کشور، مقدار کل فرسایش از سطح کشور را حدود یک میلیارد تن در سال و یا به‌طور متوسط، شش تن در هکتار برآورد کردند. ایشان سهم فرسایش سطحی در کل تولید رسوب را یک سوم و بقیه رسوب تولیدی را ناشی از فرسایش‌های عمقی نظیر سازندهای حساس به فرسایش، فرسایش آبکندی، کنار رودخانه‌ای و رانش زمین می‌دانند. عرب‌خدری و همکاران (۱۳۹۵) برای تدقیق مقدار رسوب برآوردی، سطح کشور را به هشت منطقه همگن تفکیک کردند و با مقایسه ارقام مشاهده‌ای و برآوردی رسوب‌دهی و به‌دست آوردن ضریب اصلاحی، وزن کل فرسایش خاک کشور را ۸۹۵ میلیون تن در سال (معادل ۵/۵ تن در هکتار در سال) برآورد کردند. نیک‌کامی و شادفر (۱۴۰۰) آمار رسوب‌سنجی ۱۱۸ ایستگاه را مورد استفاده قرار داده، برای

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین درصد بار بستر از روشی تجربی بهره بردند و در نهایت با کمک داده‌های بار رسوب (بار معلق و بار بستر)، برای تهیه نقشه فرسایش خاک از مدل EPM استفاده کردند. آن‌ها میانگین رسوب‌دهی ویژه و متوسط وزنی فرسایش خاک حوضه‌های مشرف به ایستگاه‌های رسوب-سنجی را به ترتیب ۳/۳ و ۱۶ تن در هکتار در سال برآورد کردند. در این تحقیق، با تعمیم نتایج به سطح ۱۲۵ میلیون هکتار دارای فرسایش آبی، میزان فرسایش آبی کشور دو میلیارد تن در سال به‌دست آمد. در جدیدترین برآورد سراسری فرسایش خاک با مدل‌سازی، محمدی و همکاران (۲۰۲۱) با کاربرد مدل G2 در سطح کشور بر مبنای اطلاعات ورودی عمدتاً دورسنجی شده، میانگین سالانه فرسایش خاک را برای ایران ۱۶/۵ تن در هکتار (معادل ۲/۷ میلیارد تن تلفات کل سالانه) برآورد کردند. چکیده‌ای از نتایج تحقیقات و مطالعات منتشرشده در جدول ۱ آمده است.

عرب‌خدری (۱۴۰۰) داده‌های فرسایش خاک اندازه‌گیری شده در کرت و برآورد شده با سزیم ۱۳۷ و رسوب‌سنجی رودخانه‌ها در ایستگاه‌ها و مخازن بندهای کوچک و سدهای بزرگ در حدود ۱۰۰۰ محل را مورد بررسی و تحلیل قرار داده و میانه رسوب‌دهی ویژه ایستگاه-های رسوب‌سنجی که اغلب در مناطق کوهستانی واقع‌شده‌اند را ۳/۳۶ تن در هکتار در سال گزارش نمود. ایشان، تلفات خاک اندازه‌گیری شده در کرت از سطح اراضی مرتعی، جنگلی و دیم‌زارها را اغلب بسیار کمتر از یک و از مارن‌ها تا ۳۵ تن در هکتار در سال بیان می‌کنند. بر این اساس و با توجه به مطالعات منشایابی رسوب، عرب‌خدری (۱۴۰۰) معتقد است سازندهای حساس، دیمزارهای شیب‌دار، فرسایش آبکندی و حرکت‌های توده‌ای، به همراه فرسایش کنار رودخانه‌ای نقش بیش‌تری در رسوب‌دهی دارند. نتایج تحقیقات اندک منشایابی رسوب نیز سهم بسیار زیاد فرسایش‌های عمقی را در تولید رسوب تائید می‌کند (عرب‌خدری، ۱۴۰۰). به‌عنوان نمونه، علیدوست و همکاران (۱۳۹۱) در یکی از زیرحوضه‌های ناورود در غرب استان گیلان با مساحت ۴۵۰ هکتار، میانگین سهم هر یک از منابع رسوب شامل دیواره خندق، مراتع تخریب‌شده، مراتع دارای پوشش و جنگل در تولید رسوب را به ترتیب برابر ۹۲، ۶/۵، ۱ و ۰/۵ درصد برآورد کردند.

تفاوت حدود شش برابری بین متوسط فرسایش آبی خاک کشور (دامنه حدود ۵ تا ۳۰ تن در هکتار در سال) بعد از چند دهه فعالیت ناشی از چند عامل مهم است. مهم-ترین این عوامل عبارت‌اند از؛ (۱) فرسایش خاک به‌عنوان یک پدیده چند وجهی و متأثر از عوامل مختلف طبیعی و انسانی، دارای پیچیدگی زیادی است، (۲) کشور ایران کشور پهناور با تنوع بسیار زیاد در همه عوامل مؤثر بر فرسایش خاک (اقلیم، توپوگرافی، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی و خاک، مدیریت و بهره‌برداری) است، (۳) شبکه پایش فرسایش خاک و رسوب‌سنجی کشور از نظر کمی و کیفی متناسب با سطح کشور و وضعیت فرسایش خاک نیست، (۴) نقش تحلیل و تصمیم کارشناسی در روش‌های موجود و مورد استفاده برای برآورد فرسایش خاک کشور، پررنگ است[۲]. در هر حال، شواهد موجود در عرصه‌ها در بسیار از مناطق زاگرس و البرز، داده‌های اندازه‌گیری شده در کرت-های فرسایش خاک و ماهیت احتمالاتی فرسایش خاک (غیر نرمال بودن توزیع آماری)، مقادیر زیاد متوسط فرسایش خاک (مثلاً ۲۰ تن در هکتار در سال یا بیشتر) را تائید نمی‌کند. نکته مهم دیگر این است که کم‌ترین مقدار برآوردی نرخ فرسایش خاک، خیلی بیش از حد قابل‌تحمل فرسایش خاک در ایران (میزان تشکیل خاک جدید) است، چرا که با توجه به مجموعه شرایط و مطالعات جهانی (وریجن و همکاران ،۲۰۰۹)، متوسط نرخ خاک‌سازی در کشور با احتمال زیاد بیش از ۰/۵ تن در هکتار در سال نیست.

[۲] –در اغلب موارد، این‌گونه به نظر می‌آید که مطالعات با قضاوت پیشین انجام‌شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس گزارش سازمان خواروبار جهانی (FAO, 2019)، برآوردهای تلفات سالانه خاک در دنیا بر مبنای کرت‌های صحرایی بین هشت تا تقریباً ۵۰ تن در هکتار در سال است که به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از مقادیر تخمینی از مدل‌های منطقه‌ای و جهانی با مقدار بین دو تا چهار تن در هکتار در سال است. بورلی و همکاران (۲۰۱۳) متوسط سالانه پتانسیل فرسایش خاک دنیا را ۳۵ میلیارد تن در سال (با مقدار میانگین ۲/۸ تن در هکتار در سال) برآورد کردند. بر اساس این مطالعه، امریکای جنوبی، آفریقا و آسیا با مقادیر متوسط ۳/۵۳، ۳/۵۱ و ۳/۴۷ تن در هکتار در سال، بالاترین نرخ فرسایش خاک را دارند. از سوی دیگر، اثر اجرای کشاورزی حفاظتی در ۴۰ کشور، بیانگر کاهش معنی‌دار میزان فرسایش خاک بود. شدت فرسایش خاک در اراضی تحت کشت در نواحی کشاورزی وسیع، همانند ایالات متحده، حدود شش تن در هکتار در سال و در اراضی وسیعی که طی قرن گذشته در شمال شرقی چین زیر کشت رفته‌اند، به‌طور متوسط ۱۵ تن در هکتار در سال و حتی بیش‌تر گزارش‌شده است (نیرینگ و همکاران، ۲۰۱۷). بر اساس این گزارش، اجرای عملیات حفاظت خاک، به‌ویژه شخم حفاظتی و کشت بدون شخم، متوسط نرخ فرسایش خاک را در ایالات متحده به حدود یک تن در هکتار در سال یا حتی کمتر، کاهش داده است.

جدول ۱- جمع‌بندی برآوردهای موجود در زمینه برآورد فرسایش خاک و رسوب‌دهی در سطح کشور (با اصلاحات از اسدی، ۱۴۰۰)

ردیف	پژوهشگر	روش- محدوده مطالعه	تن در هکتار در سال	توضیحات
۱	باختر (۱۳۵۲)	نامشخص	متوسط فرسایش در سطح کشور بین ۳/۶ تا ۶/۰	مقدار کل فرسایش ۰/۶ تا ۱ میلیارد تن
۲	فائو (۱۹۸۰)	برآورد با USLE ساده‌شده با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰۰	متوسط فرسایش در سطح کشور بین ۶ تا ۳۰	بر اساس کار شاهویی (۱۳۶۸) و تحلیل عرب‌خدری (۱۳۹۳)
۳	جلالیان و همکاران (۱۳۷۳)	رسوب‌سنجی ۲۴ زیرحوضه با مساحت بالغ بر ۷۳ میلیون هکتار	رسوب‌دهی ویژه ۷/۵ و فرسایش خاک ۲۵	تحلیل آمار و داده‌ها برمبنای سال‌های کم‌باران و پرباران
۴	عرب‌خدری (۱۳۸۴)	رسوب‌دهی معلق ۲۰۹ ایستگاه در سطح کشور	میانه رسوب‌دهی ویژه ۲/۱۴ و متوسط فرسایش خاک ۶	مقدار کل فرسایش بدون احتساب بار بستر، بالغبر یک میلیارد تن در سال
۵	پژوهشکده حخآ& (۱۳۸۶)	نقشه فرسایش کشور با EPM،	متوسط فرسایش خاک ۶/۹	مقدار کل فرسایش ۱/۱۳ میلیارد تن
۶	عرب‌خدری (۱۳۹۳)	بررسی داده‌های کرت، سزیم و رسوب-سنجی	متوسط فرسایش خاک ۶	سهم فرسایش سطحی در تولید رسوب یک سوم
۷	عرب‌خدری و همکاران (۱۳۹۵)	تدقیق مقدار رسوبدهی معلق برآوردی و برآورد بارکف	میانه رسوب‌دهی کل ۳/۵۴ متوسط فرسایش خاک ۵/۵	مقدار کل فرسایش، ۸۹۵ میلیون تن
۸	نیک‌کامی و شادفر (۱۴۰۰)	واسنجی EPM با رسوب سنجی ۱۱۸ ایستگاه در هشت	رسوب‌دهی ویژه ۳/۳ و متوسط فرسایش خاک ۱۶	فرسایش کل ۱۲۵ میلیون هکتار، ۲ میلیارد تن
۹	محمدی و همکاران (۲۰۲۱)	مدل G2 در سطح کشور بر مبنای اطلاعات عمدتاً دورسنجی شده،	میانگین سالانه فرسایش خاک ۱۶/۵	معادل ۲/۷ میلیارد تن تلفات کل سالانه

& پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

فرسایش آبکندی (خندقی): در پروژه ملی "بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌های ایران" که در فاصله سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ انجام شد، تعداد ۱۷۴ پهنه آبکندی با مساحت بزرگ‌تر از ۵۰۰ هکتار در تمامی استان‌های ایران مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه در مجموع، تعداد ۵۲۲ آبکند معرف (سه آبکند در هر پهنه خندقی) بررسی دقیق شد (صوفی، ۱۳۹۴). مجموع مساحت پهنه‌های آبکندی مورد مطالعه تا سال ۱۳۹۴ بالغبر ۱/۴ میلیون هکتار تعیین شد. آبکندهای ایران دارای طول متوسط ۵۱۷ متر بوده و متوسط حجم هدررفت خاک در واحد طول آبکندهای ایران معادل ۲۱/۲۴ متر مکعب در متر برآورد گردید (سوفی و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از مناطق با فرسایش آبکندی زیاد در ایران، منطقه دشتیاری در جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان است. متوسط میان‌مدت

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۵ ساله) تلفات خاک ناشی از فرسایش آبکندی در منطقه دشتیاری حدود ۵۰ تن در هکتار در سال برآورد شده است (شرکت ایده پردازان توسعه، ۱۳۹۲). بنا به گزارش صوفی و همکاران (۱۴۰۱)، بیش‌تر آبکندهای ایران در دو کلاس کوچک (عمق کوچک‌تر از یک متر) و متوسط (عمق یک تا ۱۰ متر) قرار دارند و اغلب در اراضی زراعی دیم و مراتع و در خاک‌های با بافت لوم، لوم شنی و لوم رسی توسعه یافته‌اند. تحقیق صوفی و همکاران (۱۴۰۰) نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد از آبکندهای ایران فاقد اقدامات مدیریتی و اصلاحی هستند و اغلب اقدامات سازه‌ای نیز با هدف کنترل رسوب اجرا شده‌اند. آن‌ها اقدامات مدیریتی برای پیشگیری از ایجاد آبکند به‌ویژه در دیمزارها و رعایت اصول حفاظت خاک در طراحی و ساخت آبگذرهای جاده‌ای و راه‌های کوهستانی را ضروری می‌دانند.

فرسایش بادی خاک و گردوغبار: ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان واقع‌شده و حدود ۶۰ میلیون هکتار از مساحت آن را مناطق بیابانی می‌پوشانند. مساحت ماسه‌زارهای ایران حدود ۱۳ میلیون هکتار است که شش میلیون هکتار آن را تپه‌های شنی فعال تشکیل می‌دهد (رفاهی، ۱۳۹۶). مقدار کل تلفات خاک ناشی از فرسایش بادی معادل ۳۰۴ میلیون تن در سال از مساحتی بالغبر ۲۰ میلیون هکتار (معادل میانگین وزنی تلفات خاک حدود ۱۵ تن در هکتار در سال) برآورد شده است. استان‌های خراسان جنوبی، کرمان و سیستان و بلوچستان به ترتیب با حدود ۱۹/۵، ۱۶ و ۱۵ درصد، بالاترین سهم نسبی از کل بار رسوب بادی کشور را دارند (عظیم‌زاده و طهماسبی بیرگانی، ۱۴۰۰). مساحت اراضی با پتانسیل تولید گردوغبار در کشور بیش از ۳۰ میلیون هکتار است (دفتر ملی ستاد مقابله با گردوغبار، ۱۳۹۹). بررسی وضعیت گردوغبار در یک دوره ۲۱ ساله (۱۳۶۴-۱۳۸۴) بر مبنای اطلاعات ۱۱۲ ایستگاه هواشناسی نشان داد، تعداد کل روزهای غبارناک از ۱۱ روز (خلخال) تا ۳۸۳۳ روز (ایستگاه زابل و به‌طور متوسط معادل نیمی از سال) متغیر بوده است (محمدخان، ۱۳۹۶). هرچند روند یکسان افزایش یا کاهشی گردوغبار برای کل کشور مشاهده نشد، اما برای شرق و جنوب ایران، این روند افزایشی بود.

زمین‌لغزش و سایر روش‌های هدر رفت خاک: ایران باوجود دو رشته کوه البرز و زاگرس و واقع‌شدن در ناحیه فعال تکتونیکی (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱)، خواستگاه زمین‌لغزش‌های متعددی است که تعداد آن تا بیش از ۳۲ هزار عنوان شده است (به نقل از رئیس گروه مطالعه امور زمین لغزش‌های سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور). بزرگ‌ترین زمین لغزش تاریخی جهان نیز زمین لغزش سیمره عنوان شده است که ابعاد آن بیش از ۱۵ کیلومتر در ۲۰ کیلومتر با حجمی حدود ۴۰ میلیارد مترمکعب برآورد شده است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱). کاردان و همکاران (۱۳۸۶) بر مبنای عکس‌های هوایی تعداد ۲۸۴۴۳ مورد انواع رخدادهای لغزشی را تا شهریور ۱۳۸۶ در کشور شناسایی کردند. بیش‌ترین فراوانی رخدادها در دو محور شمال غرب-شمال شرق (محور البرز) و محور شمال غرب-جنوب شرق (محور زاگرس) است. خاک‌برداری‌ها و خاک‌ریزی‌های گسترده در اقدامات عمرانی نظیر جاده‌سازی، تغییر کاربری و زلزله از عوامل مؤثر بر تشدید حرکت‌های توده‌ای در ایران شناخته‌شده‌اند (امامی و همکاران، ۱۳۸۵ به نقل از عرب‌خدری، ۱۴۰۰).

شخم و کشت‌وکار در جهت شیب در اراضی کشاورزی به‌ویژه اراضی دیم که اغلب آن‌ها در مناطق پرشیب واقع‌شده‌اند، علاوه بر تشدید فرسایش آبی، منجر به باز توزیع خاک و ایجاد فرسایش شخم می‌شود. بااین‌وجود تحقیقات بسیار اندکی در این مورد انجام‌شده است و برآورد ملی و دقیقی از میزان جابجایی خاک و فرسایش شخم وجود ندارد. در مطالعه موردی که در توتکابن استان گیلان انجام شد (سیدالعلماء و همکاران، ۱۳۹۴)، نتایج نشان داد اختلاف ارتفاع ایجادشده بین قطعات در اثر فرسایش شخم در جهت شیب بین ۱ تا ۳/۲ متر و در جهت جانبی بین ۱ تا ۱/۳ متر است. همچنین حجم خاک جابجا شده در این دو جهت به ترتیب بین ۸ تا ۳۶ و ۵ تا ۲۲ تن در هکتار در سال برآورد گردید. ژانگ و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه‌ی منطقه‌ای در شهر سیچوان در کشور چین، شدت فرسایش شخم در زمین‌های با شیب بین ۴ تا ۴۳ درصد را بین ۴۸ تا ۱۵۱ تن در هکتار در سال برآورد کردند.

تلفات خاک ناشی از برداشت محصول که به‌عنوان میزان هدررفت خاک سطحی اراضی زراعی در زمان برداشت محصولات ریشه‌ای تعریف می‌شود، در دهه-های اخیر مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است. باوجود تحقیقات فراوان در سایر کشورها، در ایران تحقیقات اندکی در این زمینه انجام‌شده است. رواسانی (۱۴۰۰) هدررفت خاک همراه برداشت سیب‌زمینی در کل کشور را ۱۳۷ هزار تن در سال و مقدار کل هدررفت پتاسیم، فسفر، ماده آلی و نیتروژن همراه این خاک را به ترتیب حدود ۶۶، ۵، ۳۲۳۳ و ۱۶۲ تن در سال برآورد کردند. در این مطالعه، نرخ هدررفت خاک با برداشت سیب‌زمینی حدود یک تن در سال برآورد شد. نرخ هدررفت خاک با برداشت سیب‌زمینی در استان خوزستان توسط امیرپور گورانی و همکاران (۱۳۸۶) و فرجی و همکاران (۲۰۱۷) به ترتیب ۰/۶۴۵ و ۲/۵ تن در هکتار در سال و در دو منطقه در استان کردستان توسط نصرتی و همکاران (۱۳۹۸) بین ۰/۶۶ الی ۱/۱۴ تن در هکتار در هر برداشت اندازه‌گیری شد. فرجی و همکاران (۲۰۱۷) میانگین فرسایش برداشت محصول برای سیر، چغندرقند، تربچه و چغندرقند لبویی را در استان خوزستان به ترتیب برابر با ۶/۳، ۲/۳، ۴/۲ و ۶/۹ تن در هکتار برآورد کردند.

تغییر کاربری اراضی کشاورزی

بررسی مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی نشان می‌دهد، حدود ۳۵ درصد اراضی کشاورزی کمتر از یک هکتار و ۳۸ درصد بین یک تا پنج هکتار هستند. نتایج حاصل از اجرای طرح حدنگاری اراضی کشاورزی کشور (کاداستر) و نقشه‌های تولیدشده با مقیاس ۱:۲۰۰۰ از اراضی کشاورزی که توسط سازمان امور اراضی کشور در سطحی معادل ۱/۳ میلیون هکتار صورت گرفته نشان می‌دهد، متوسط مالکیت هر یک از بهره‌برداران اراضی زراعی و باغی، برای زراعت آبی و دیم به ترتیب ۳/۴۹ و ۸/۰۹ هکتار و برای باغ آبی و دیم به ترتیب ۱/۲۸ و ۰/۷۳ هکتار می‌باشد. این در حالی است که حدنصاب فنی و اقتصادی برای تولید بهینه در مورد زراعت آبی و دیم به ترتیب ۴/۵ و ۱۸ هکتار و برای باغ آبی و دیم به ترتیب ۳ و ۸ هکتار می‌باشد. موضوع قابل اهمیت دیگر در کنار خرد بودن زمین‌های کشاورزی ایران، پراکنده بودن قطعات اراضی مالکین است. به‌طوری‌که نتایج حاصل از اجرای قانون حدنگار نشان می‌دهد اراضی بسیاری از مالکین در بیش از یک قطعه (به‌طور متوسط در سه قطعه و در مواردی حتی در ۶۰ قطعه) قرار دارند. خردشدن اراضی ضمن افزایش هزینه‌های تولید و کاهش کارایی نهاده‌ها و ماشین-آلات کشاورزی، در موارد زیادی زمینه لازم برای تغییر کاربری اراضی را فراهم می‌نماید.

به دلیل گستردگی و ابعاد تغییر کاربری اراضی زراعی و باغی، شاید بتوان آن را مهم‌ترین چالش روز منابع خاک و امنیت غذایی کشور دانست. کم‌توجهی به این موضوع و البته سودجویی و نقض قوانین باعث شده که در نیم‌قرن گذشته وسعت زیادی از اراضی مرغوب کشاورزی برای همیشه از چرخه تولید خارج شوند. به‌عنوان نمونه، در دوره زمانی ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۰ فقط در اثر گسترش افقی هفت کلان‌شهر کشور شامل تهران، اصفهان، کرج، مشهد، اهواز، شیراز و تبریز، بالغبر ۱۹۸ هزار هکتار از اراضی مرغوب کشاورزی تغییر کاربری یافته و به‌طور غیرقابل‌برگشت از چرخه تولید خارج‌شده‌اند (مؤمنی و همکاران، ۱۳۸۹). روند تغییر کاربری اراضی به مسکونی در دهه‌های اخیر به دلیل توسعه بیش‌تر شهرها و فرهنگ شهرنشینی، رشد جمعیت و نیاز به مسکن، محدودیت اراضی قابل سکونت برای تملک، افزایش تصاعدی ارزش‌افزوده زمین با تغییر کاربری، رشد چشمگیرتری داشته است. در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۶ توسط سازمان امور اراضی کشور در مورد ۱۲۴۶ شهر صورت گرفت، مساحت محدوده شهرهای کشور بالغبر ۱۰۸۵۰۰۰ هکتار و

www.SID.ir

Archive of SID

مجموع مساحت حریم شهرهای کشور بالغبر ۴۷۵۰۰۰۰ هکتار بود. به‌بیان‌دیگر، مساحت حریم شهرها بیش از ۴/۳۷ برابر مساحت محدوده شهرها است که بیش از دو برابر میزان استاندارد تعیین‌شده در مصوبه شورای عالی معماری و شهرسازی کشور (سال ۱۳۸۴) می‌باشد. نخستین پیامد تعیین بیش از دو برابری محدوده شهرها، مستثنا شدن این محدوده‌ها از قانون حفظ کاربری اراضی است که به‌احتمال زیاد هدف اصلی نیز همین موضوع بوده است.

علاوه بر شهرها و بدتر از آن، توسعه بی‌رویه روستاها و اراضی طرح‌های هادی روستایی است که عامل مهم دیگر تغییر کاربری اراضی کشاورزی می‌باشد. بر اساس یک مطالعه میدانی مجموع مساحت طرح‌های هادی روستاهای بیش از ۲۰ خانوار سه استان شمالی کشور ۲۸۷۰۰۰ هکتار می‌باشند که از این میزان ۱۵۰۰۰۰ هکتار آن اراضی کشاورزی بوده و از شمول قانون حفظ کاربری اراضی خارج گردیده است (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی و سازمان امور اراضی، ۱۳۹۶). به‌عنوان نمونه، در استان مازندران (روستای توسکاتک)، حدود ۱۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی به‌صورت بی‌رویه و در قالب شهرک‌های غیرمجاز به محدوده ۲۰ هکتاری روستا ملحق گردیده است. در شمال کشور حدود ۴۰۰ هزار هکتار زمین شالیزاری وجود دارد که نزدیک ۱۳۰ هزار هکتار از این شالیزارها داخل بافت طرح‌های هادی واقع‌شده که زمینه تغییر کاربری آن‌ها فراهم‌شده است. بیش از ۸۰ درصد تغییر کاربری اراضی در کشور در محدوده شهرها و روستاها اتفاق می‌افتد.

ساخت‌وسازهای بدون مجوز اعم از مسکونی و ویلاسازی عامل مهم دیگر تغییر کاربری اراضی کشاورزی است. برآورد وزارت جهاد کشاورزی بیانگر آن است که در دهه‌های اخیر بالغبر یک میلیون هکتار از اراضی مرغوب کشاورزی در اثر تغییر کاربری غیرمجاز از چرخه تولید خارج‌شده است. هزاران هکتار از اراضی قابل‌استفاده نیز به دلایل مختلف از قبیل بایر گذاشتن توسط تعاونی‌های مسکن، ویلاسازان و سایر موارد، در معرض تهدید قرار دارند.

میزان کربن آلی منابع خاک

کشور ایران با واقع‌شدن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان واقع‌شده است، به‌گونه‌ای که ۶۴ درصد مساحت آن دارای اقلیم خشک، حدود ۲۰ درصد دارای اقلیم نیمه‌خشک و ۱۶ درصد اقلیم مدیترانه‌ای تا مرطوب می‌باشد (روزیطلب و همکاران، ۲۰۱۸). متوسط بارندگی سالانه در ایران (۲۳۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر) حدود یک سوم متوسط بارندگی دنیا (حدود ۸۵۰ میلی‌متر) است. میزان تبخیر پتانسیل برای گستره ایران نیز به‌طور متوسط حدود ۲۰۰۰ میلی‌متر است که بیش از هشت برابر متوسط بارش سالانه کشور و حدود ۲/۵ برابر متوسط جهانی تبخیر پتانسیل (۸۰۵ میلی‌متر) است؛ بنابراین و به دلیل اثرگذاری بسیار زیاد اقلیم بر فرایندهای خاک سازی، همان‌گونه که بیان شد، بیش از نیمی از سطح ایران فاقد پوشش خاکی است. در نصف دیگر مساحت ایران نیز که دارای پوشش خاک است، مقدار مواد آلی به دلیل برهمکنش این شرایط اقلیمی با وضعیت توپوگرافی و پوشش گیاهی (که خود متأثر از اقلیم و خاک و همچنین تحت تأثیر شیوه بهره‌برداری است)، بسیار کم است.

میزان کربن آلی ذخیره‌شده در خاک، حاصل تعادل بین دو فرایند مهم زیستی است که باعث تولید مواد آلی از یک سو و تجزیه مواد آلی از سوی دیگر می‌شود. این دو فرایند دارای کنترل‌کننده‌های قوی بوده که مهم‌ترین آن‌ها شرایط اقلیمی، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، ترکیب شیمیایی و نوع بقایای گیاهی، غیرقابل‌دسترس بودن مواد آلی برای موجودات خاک، مدیریت زراعی و برهمکنش این عوامل می‌باشد (پست، ۱۹۹۳). مدیریت‌های مختلف تأثیر متفاوتی بر میزان ماده آلی خاک دارند. مدیریت‌های مطلوب باعث افزایش میزان ماده آلی خاک و مدیریت‌های نامطلوب باعث هدررفت ماده آلی خاک می‌شوند. دخالت‌های نامناسب و سودجویانه بشر

www.SID.ir

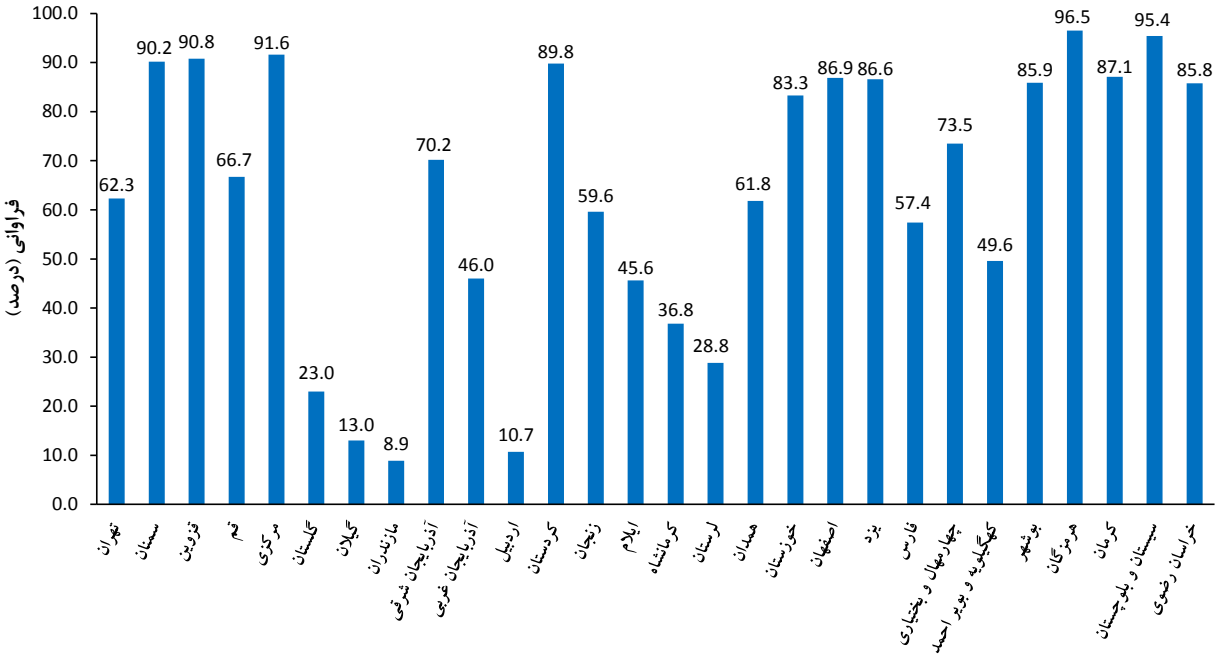
Archive of SID

در منابع طبیعی و مدیریت‌های غیرعلمی، ماده آلی خاک را به یک منبع تولید گازکربنیک برای اتمسفر مبدل نموده که گرم‌شدن کره زمین، کاهش حاصلخیزی خاک، افزایش فرسایش، بیابان‌زایی و آلودگی محیط‌زیست را به‌همراه داشته است (جوباجی و جکسونف، ۲۰۰۶). مقدار کربن آلی خاک در زیست‌بوم‌های کشاورزی تحت تأثیر عوامل متعددی مثل شرایط آب و هوایی، نوع محصول و مدیریت مزرعه قرار می‌گیرد. بقایای گیاهی، ریشه گیاهان و کودهای آلی (از قبیل کمپوست و کود دامی)، منابع اصلی ورودی کربن به خاک محسوب می‌شوند (کوگا و تسوجی، ۲۰۰۹).

حد بحرانی کربن آلی در اکثر تحقیقات انجام‌شده در ایران کمتر از یک درصد بیان‌شده است. بر مبنای گزارش شهبازی و بشارتی (۱۳۹۲) میزان کربن آلی خاک در حدود ۶۰ درصد اراضی کشاورزی ایران کمتر از یک درصد و در بیش از ۸۴ درصد خاک‌ها، کمتر از ۱/۵ درصد است. بررسی‌های بعدی نشان داد که مقدار کربن آلی ۲۱/۵ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۰/۵ درصد، ۳۹/۱ درصد بین ۰/۵ تا ۱ درصد، ۲۵/۳ درصد خاک‌ها بین ۱ تا ۱/۵ درصد و تنها ۱۴/۲ بیش از ۱/۵ درصد می‌باشد، بر این اساس ۶۰/۶ درصد خاک‌های کشور کمتر از یک درصد مواد آلی دارند.

بر مبنای آخرین گزارش منتشرشده در این زمینه (مشیری و همکاران، ۲۰۱۷)، میزان کربن آلی حدود ۶۲ درصد از خاک‌های زراعی ایران کمتر از یک درصد است. همچنین مقدار کربن آلی در ۲۱/۶ درصد از خاک‌ها کمتر از ۰/۵ درصد، ۴۰/۰ درصد بین ۰/۵ تا ۱ درصد، ۲۴/۴ درصد بین ۱ تا ۱/۵ درصد و در ۱۴/۰ درصد خاک‌ها بیش از ۱/۵ درصد و در حد بهینه می‌باشد (شکل ۱).

وضعیت کمبود مواد آلی خاک در اراضی کشاورزی استان‌های مختلف کشور، به دلایلی همچون شرایط اقلیمی گوناگون، توپوگرافی، نوع محصولات کشاورزی و شیوه مدیریت، یکسان نیست. در جدول ۲ توزیع وضعیت کربن آلی خاک در اراضی کشاورزی استان-های مختلف آمده است. در بیش از ده استان کشور، بالغبر ۸۰ درصد اراضی کشاورزی دارای میزان کرین آلی کمتر از یک درصد هستند. از نظر کمبود مواد آلی خاک‌های کشاورزی، استان‌هایی همچون هرمزگان، بوشهر، سیستان و بلوچستان که در آن‌ها کمتر از پنج درصد خاک‌ها دارای کربن آلی بیش از یک درصد هستند، رتبه‌های نخست را دارند.



شکل ۱- درصد فراوانی اراضی کشاورزی در استان‌های مختلف با مقادیر کربن آلی کمتر از یک درصد (مشیری و همکاران، ۲۰۱۷)

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی وضعیت کربن آلی در مناطق مختلف زراعی-زیستگاهی ایران به‌خوبی تأثیر اقلیم را بر میزان کربن آلی خاک (ضریب همبستگی کربن آلی خاک‌ها با بارندگی، ۰/۹۱) نشان می‌دهد (بلالی و غفاری نژاد، ۱۳۹۸). میانگین کربن آلی خاک در مناطق ده گانه زراعی زیستگاهی در جدول ۲ ارائه گردیده است.

موضوع مهم دیگر، روند افزایشی خاک‌های با کمبود مواد آلی است. به‌عنوان نمونه، بر اساس گزارش میرزاشاهی (۱۳۹۶)، در منطقه دزفول در دهه ۴۰، کربن آلی در حدود ۸۰ درصد از نمونه‌های خاک کمتر از یک درصد بوده است، در حالی که این میزان در دهه ۹۰ به ۱۰۰ درصد نمونه‌ها گسترش‌یافته است. همچنین بر اساس گزارش مشیری (۱۳۹۶) و سماوات (۱۳۹۶)، بیش‌ترین کاهش در مقدار کربن آلی خاک در استان اصفهان و پس از آن در مناطق شمالی ایران مشاهده می‌شود. در سال ۱۳۴۳ مقدار متوسط کربن آلی خاک‌ها در ناحیه خزری در شمال ایران برابر با ۳/۲ درصد گزارش گردیده در حالی که این میزان در حال حاضر به ۱/۷ درصد کاهش‌یافته است.

جدول ۲- متوسط درصد کربن آلی خاک در مناطق مختلف زراعی- زیستگاهی[$] کشور (به نقل از مشیری و همکاران، ۱۴۰۰)

مناطق زراعی- زیستگاهی	درصد کربن آلی خاک
منطقه مرکزی (استان‌های تهران، سمنان، قزوین، قم و مرکزی)	۰/۵۵
منطقه سواحل دریای خزر (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان)	۱/۶۸
منطقه شمال غرب (استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی، کردستان، آذربایجان غربی و زنجان)	۱/۰۰
منطقه زاگرس مرکزی (استان‌های همدان، ایلام، کرمانشاه و لرستان)	۱/۱۶
منطقه خوزستان (استان خوزستان)	۰/۷۶
منطقه خشک مرکزی (استان‌های اصفهان و یزد)	۰/۵۳
منطقه جنوبی زاگرس (استان‌های چهارمحال و بختیاری، فارس و کهکیلویه و بویراحمد)	۰/۷۹
منطقه ساحلی جنوبی (استان‌های بوشهر و هرمزگان)	۰/۵۱
منطقه خشک جنوبی (استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان)	۰/۵۰
منطقه خراسان (استان‌های خراسان جنوبی، رضوی و شمالی)	۰/۶۱

[$] پهنه‌بندی ایران به ۱۰ منطقه زراعی-زیستگاهی[۳] توسط دی-پاو[۴] و همکاران (۲۰۱۸) انجام‌شده است

تحقیقات نشان داده‌اند که به ازای هر تن افزایش در میزان کربن آلی خاک در هکتار، میزان تولید محصول در گندم ۷۰-۲۰، برنج ۵۰-۱۰ و ذرت ۳۰۰-۳۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. در کشور سالانه حدود بیست میلیون تن بقایای کشاورزی و کود دامی تولید می‌شود (سماوات و همکاران، ۱۳۹۴). اگر این مقدار در ده میلیون هکتار اراضی کشاورزی کشور توزیع شود، سهم هر هکتار ۲۰۰۰ کیلوگرم کربن آلی (معادل ۰/۰۶۶ درصد) می‌شود. در نتیجه برای افزایش یک درصد کربن آلی خاک (با فرض شرایط ایده آل) حداقل به ۲۰ سال زمان نیاز می‌باشد. این در شرایطی است که تمام کربن افزوده شده در خاک ذخیره گردد، ولی تحقیقات نشان داده است که مقدار کربنی که در مناطق خشک با توجه به نوع اقلیم، نوع خاک و مدیریت می‌تواند در خاک ذخیره شود ۲۵۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار است (لال، ۲۰۰۷). لذا بایستی به دنبال راهکارهای مدیریتی مناسب‌تر بود.

اتخاذ شیوه های نامناسب مدیریتی و کاربری‌های نامناسب اراضی نظیر کشت و کار فشرده، تک‌کشتی و عدم رعایت تناوب، شخم مداوم و برگرداندن خاک، جنگل‌زدایی و تخریب پوشش گیاهی، سوزاندن

[3]- Agroechological zones
[4]- de Pauw

www.SID.ir

Archive of SID

بقایای گیاهی، زهکشی اراضی باتلاقی، حذف بقایای گیاهی از خاک، به‌منظور تعلیف دام و آیش تابستانه، نقش مهمی در کاهش کربن آلی خاک‌ها داشته‌اند. مقدار زیادی از کربن آلی تلف‌شده از خاک‌ها را می‌توان با انتخاب عملیات کشت و کار مناسب مجدداً ترسیب نمود، این‌کار نه تنها از غلظت دی اکسیدکربن اتمسفر می‌کاهد، بلکه باعث بهبود کیفیت خاک و افزایش تولیدات کشاورزی می شود .راهکارهای پیشنهادی برای افزایش ذخیره کربن آلی خاک‌ها و کاهش غلظت گاز دی اکسیدکربن در اتمسفر شامل اقدامات مدیریتی برای افزایش مدت ماندگاری ماده آلی در خاک و افزایش سطح ماده آلی خاک‌ها و کاهش تصاعد گاز دی اکسیدکربن از محیط می‌باشد، مدت ماندگاری ماده آلی در خاک را می‌توان با افزایش خاکدانه‌سازی با استفاده از گیاهانی با ریشه عمیق که ماده آلی را به عمق خاک تزریق می‌کنند و با کاربرد مواد آلی با لیگنین زیاد افزایش داد. سطح ماده آلی خاک‌ها را می‌توان با استفاده از عملیات کشاورزی حفاظتی، رعایت تناوب زراعی مناسب، استفاده از گیاهان پوششی، استفاده از ضایعات آلی، کودهای دامی، کنترل چرا و برگرداندن بقایای گیاهی به خاک افزایش داد. کاهش میزان تصعید گاز دی اکسید کربن از محیط را می‌توان با افزایش راندمان مصرف آب، کود، افزایش راندمان مصرف انرژی در ادوات کشاورزی و کاهش فرسایش خاک و کنترل آن انجام داد.

وضعیت حاصلخیزی خاک‌های زراعی ایران

بهره‌برداری اقتصادی از منابع خاک، مستلزم بارور بودن خاک‌ها است. حاصلخیزی خاک‌های هر کشور، شاخص سلامت کشاورزی و ظرفیت تولید غذا، فیبر و سوخت آن کشور می‌باشد. در بیانیه جهانی غذا، حاصلخیزی خاک به‌عنوان کلید امنیت غذایی معرفی‌شده است. پایش و ارزیابی وضعیت حاصلخیزی و باروی خاک‌ها برای بهره‌برداری بهینه از آن‌ها ضرورت دارد. وضعیت حاصلخیزی خاک‌های ایران توسط تعدادی از محققان موردبررسی قرارگرفته (خادمی، ۱۳۸۴؛ شهبازی، ۱۳۸۶؛ طهرانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ بلالی و غفاری، ۱۳۹۸) و نقشه‌های حاصلخیزی برای بعضی از مناطق تهیه گردیده است (طهرانی و همکاران، ۱۳۹۰).

شهبازی و بشارتی (۱۳۹۲) برای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های ایران از ۳۱۵ هزار داده تجزیه خاک موجود در آزمایشگاه‌های خاک و آب مراکز تحقیقاتی ۳۰ استان کشور در بین سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ بهره بردند. به طورکلی نتایج این بررسی نشان داد که ۵۱/۳ درصد اراضی کشاورزی ایران در گروه فسفر کم، ۳۰/۵ درصد فسفر متوسط و ۱۸/۲ درصد فسفر زیاد قرار می‌گیرند. همچنین ۷/۶ درصد خاک‌ها در گروه پتاسیم کم، ۳۳/۶ درصد در گروه متوسط و ۵۸/۸ درصد در گروه پتاسیم زیاد قرار دارند. بر همین اساس، میزان فسفر در ۷۱/۸ درصد از خاک‌های کشاورزی کشور کمتر از حد بحرانی (۱۵ میلی-گرم در کیلوگرم خاک) و میزان پتاسیم نیز در ۲۱/۰ درصد از خاک‌های کشاورزی کمتر از حد بحرانی (۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بود. البته درصد خاک‌های دارای کمبود فسفر در استان‌های مختلف از ۴۴/۶ درصد در استان مازندران تا ۹۲/۵ درصد در استان بوشهر و دارای کمبود پتاسیم از ۳/۷ درصد در استان اردبیل تا ۸۰/۲ درصد در استان بوشهر متفاوت بود. مقدار پتاسیم خاک‌های استان‌های گیلان و مازندران به دلیل بارندگی زیاد و همچنین کشت متراکم برای مدت طولانی، نسبت به مناطق دیگر که دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشند، کمتر بوده و لذا استفاده از کودهای پتاسیمی در این مناطق دارای اهمیت بیش‌تری می‌باشد. در استان‌هایی مانند بوشهر و هرمزگان به دلیل داشتن خاک‌هایی با بافت سبک، کمبود پتاسیم وجود دارد و نیاز به مصرف پتاسیم نسبت به استان‌های دیگر بیشتر مشاهده می‌شود. برخلاف پتاسیم، فقر نسبی فسفر پتاسیم در غالب خاک‌های کشور وجود دارد به همین دلیل این عنصر چه از نظر اقتصاد تهیه مواد خام، تولید داخلی و واردات کود و چه از نظر بررسی‌های خاکشناسی حائز اهمیت زیادی نسبت به سایر عناصر می‌باشد. در حقیقت به‌جز گیلان و مازندران، در بقیه استان‌های کشور بیش از

www.SID.ir

Archive of SID

۵۰ درصد خاک‌های کشاورزی دارای کمبود فسفر هستند و توجه به رفع کمبود آن جهت نیل به تولید پایدار ضروری می‌باشد (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲).

حدود بحرانی آهن ۲/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است حدود ۴۰ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن داشته و احتمال پاسخ گیاهی به کود آهن در آن‌ها وجود دارد. مقدار آهن قابل‌جذب در بیش از ۳۴ درصد اراضی کشاورزی بین ۴/۵ تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. از نظر آهن قابل‌جذب خاک، استان‌های کرمان و خراسان شمالی، جنوبی و رضوی بدترین وضعیت را دارند. در مقابل، سه استان شمالی به همراه استان‌های کهگیلویه و بویراحمد، خوزستان، لرستان، فارس و مرکزی وضعیت مناسبی در این زمینه دارند (کمتر از یک چهارم خاک‌های کشاورزی آن‌ها با کمبود آهن مواجه است). حدود ۵۶/۳ درصد از خاک‌های کشاورزی ایران کمتر از ۰/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی قابل استفاده داشته و تنها ۳۱ درصد از خاک‌ها بیش‌تر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم روی قابل استفاده دارند (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). خاک‌های کشاورزی استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، چهارمحال و بختیاری، کرمان، همدان و خراسان ازنظر کمبود روی بدترین وضعیت و خاک‌های استان‌های گیلان، مازندران، مرکزی، کهگیلویه و بویراحمد و کرمانش وضعیت مناسب‌تری دارند.

به‌صورت کلی خاک‌های کشاورزی ایرانی مشکل حادی از نظر کمبود مس ندارند. البته استان‌های کرمان، یزد و چهارمحال و بختیاری در این مورد مستثنا هستند و ضروری است که وضعیت خاک‌ها از این نظر مورد پایش باشد. از نظر میزان منگنز قابل‌جذب، وضعیت خاک‌های کشاورزی ایران حتی بهتر از مس است. حدود ۸۲ درصد اراضی کشاورزی ایران بیش‌تر از چهار میلی‌گرم بر کیلوگرم منگنز داشته و تنها ۲/۲ درصد اراضی دارای منگنز قابل‌استفاده کمتر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند. آخرین ارزیابی و تحلیل وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران توسط مشیری و همکاران (۱۴۰۰) انجام‌شده است. در جدول ۳ توزیع کمبود عناصر غذایی (درصد خاک‌های زراعی دارای کمبود) در مناطق ده گانه زراعی-زیستگاهی ایران آمده است. نتایج این بررسی بیانگر گستردگی کمبود فسفر، پتاسیم، آهن و روی به ترتیب در حدود ۷۰، ۳۷، ۴۱ و ۵۱ درصد از خاک‌های کشاورزی ایران است؛ بنابراین در اکثر خاک‌ها میزان قابلیت جذب یک یا چند عنصر غذایی کمتر از حد بحرانی است. مشیری و همکاران (۱۴۰۰) روند برداشت عناصر غذایی از خاک توسط گیاه (بر مبنای میزان تولید محصولات کشاورزی) و مصرف این عناصر از طریق کودها را مقایسه کرده و نتیجه گرفتند که وضعیت تخلیه عناصر غذایی خاک‌های کشور هشداردهنده است. آنان بیان می‌کنند که میزان مصرف انواع کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای فسفری و پتاسیمی نصف میزان نیاز برآورد شده می‌باشد.

بیش از ۹۷ درصد خاک‌های کشور pH بین ۶/۵-۸/۵ دارند که سهم دسته خاک‌هایی که اسیدیته آن‌ها بین ۷/۵-۸/۵ می‌باشد، بسیار بیشتر بوده و حدود ۸۳ درصد می‌باشد (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). در این میان استان گیلان با توجه به شرایط خاص آن یک استثناء محسوب می‌شود که در آن حدود ۴۸٪ خاک‌ها اسیدی (pH<۷) هستند. مقدار کربنات کلسیم یکی از خصوصیات مهم خاک می‌باشد که اغلب باید در زمان تفسیر نتایج برای ارزیابی حاصلخیزی، اصلاح و طبقه‌بندی خاک‌ها مورد توجه قرار گیرد. اکثر خاک‌های ایران متأثر از کربنات کلسیم بوده و بیش از ۸۷ درصد خاک‌های اراضی کشاورزی، بیشتر از پنج درصد کربنات کلسیم معادل دارند. در بین استان‌ها، در استان گیلان به دلیل شرایط خاص اقلیمی، حدود ۶۴ درصد خاک‌ها دارای کربنات کلسیم کمتر از پنج درصد می‌باشند. حدود ۵۸ درصد خاک‌های کشاورزی ایران بین ۱۰ تا ۴۰ درصد کربنات کلسیم معادل دارند. کانی‌های کربناتی به دلیل حلالیت نسبتاً زیاد، واکنش‌پذیری و خاصیت قلیایی، به‌صورت بافر عمل کرده و مقدار pH بیش‌تر خاک‌های آهکی در دامنه‌ای بین ۷/۵ تا ۸/۵ قرار دارد. به همین دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

کربنات‌ها نقش مهمی در فرآیندهای خاک سازی، واکنش-های شیمیایی و خصوصیات ریزوسفر در این خاک‌ها بازی می‌کنند (شهبازی و بشارتی، ۱۳۹۲). علی‌رغم این وضعیت، متأسفانه اطلاعات گسترده‌ای در مورد درصد کربنات کلسیم فعال و نیز توزیع اندازه ذرات کربنات‌ها در خاک‌های ایران وجود ندارد. این موضوع از جنبه‌های مختلف پژوهشی و کاربردی دارای اهمیت زیادی است.

شوری منابع خاک

در سطح جهانی به‌طور متوسط تنش شوری موجب کاهش ۲۰ درصدی عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (اشرف و هریس[5]، ۲۰۰۵)، البته بسته به سایر شرایط (اقلیم، خاک و نوع گیاه) کاهش عملکرد ممکن است بین ۱۸ تا ۴۳ درصدی باشد (وارگاس و همکاران، ۲۰۱۸). شوری خاک و آب از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید پایدار کشاورزی در ایران هستند که معمولاً با تنش کم‌آبی نیز همراه بوده و احتمالاً تنش توأمان شوری و خشکی عامل اصلی خلأ عملکرد بسیاری از محصولات زراعی در بخش-های زیادی از کشور هستند. از آنجا که در شوری‌های خاک بیش از ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در لایه صفر تا ۵۰ سانتی-متری خاک، افزایش هر یک واحد شوری، کاهش تولیدی معادل ۲۱۷ کیلوگرم در هکتار دانه گندم و ۷۲۳ کیلوگرم در هکتار کاه و دانه را سبب می‌شود (سیادت و سعادت، ۱۳۷۷)، اهمیت اثر شوری، ممانعت از شورشدن اراضی و توجه به رفع آن بسیار ضروری‌تر است.

جدول ۳- درصد کمبود عناصر غذایی خاک در مناطق مختلف زراعی-زیستگاهی ایران (اقتباس از مشیری و همکاران، ۱۴۰۰)

منطقه	فسفر (۱۵)*	پتاسیم (۲۰۰)	آهن (۵/۰)	روی (۰/۷۵)	منگنز (۴/۰)	مس (۰/۷۵)
مرکزی (استان‌های تهران، سمنان، قزوین، قم و مرکزی)	۶۴/۳	۱۸/۵	۴۰/۸	۳۷/۷	۷/۸	۱۲/۳
سواحل خزر (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان)	۵۴/۵	۴۹/۳	۴/۹	۳۱/۴	۱۶/۰	۵/۱
شمال غرب (اردبیل، آذربایجان شرقی، کردستان، آذربایجان غربی و زنجان)	۷۵/۹	۱۲/۰	۳۹/۶	۶۴/۶	۱۹/۶	۱۵/۱
زاگرس مرکزی (همدان، ایلام، کرمانشاه و لرستان)	۷۰/۷	۲۲/۴	۵۸/۵	۶۱/۷	۲۲/۵	۲۰/۵
خوزستان (استان خوزستان)	۸۸/۱	۵۹/۹	۵۶/۰	۴۶/۷	۷۶/۵	۲۳/۴
خشک مرکزی (اصفهان و یزد)	۶۷/۵	۴۰/۸	۳۱/۵	۲۴/۵	۲۰/۷	۲۰/۶
زاگرس جنوبی (چهارمحال و بختیاری، فارس و کهکیلویه و بویراحمد)	۵۶/۸	۳۳/۰	۴۵/۲	۶۰/۹	۵/۵	۲۶/۷
سواحل جنوبی (استان‌های بوشهر و هرمزگان)	۹۳/۹	۷۸/۹	۹۵/۸	۳۰/۴	۸/۷	۹۱/۳
خشک جنوبی (کرمان و سیستان و بلوچستان)	۷۱/۸	۴۴/۱	۳۹/۵	۵۴/۴	۱۶/۳	۲۹/۵
خراسان (استان‌های خراسان جنوبی، رضوی و شمالی)	۷۳/۷	۲۵/۱	۶۰/۹	۶۳/۹	۷/۹	۱۹/۶
میانگین	۶۹/۶	۳۷/۳	۴۰/۹	۵۱/۰	۱۸/۲	۱۴/۰
تعداد نمونه	۳۴۲۳۲	۳۴۳۰۷	۱۶۹۵۸	۱۶۹۶۱	۱۵۲۵۱	۱۴۹۲۷

* حد بحرانی عناصر غذایی بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم است

بر اساس نقشه شوری مستخرج از نقشه یک میلیونیم خاک (شکل ۲)، در مقیاس سرزمینی اراضی دارای خاک‌های با درجات مختلف شوری ۵۵/۶ میلیون هکتار (۳۴ در صد مساحت کل کشور) را در بر می‌گیرند که اکثر آن‌ها در فلات مرکزی و دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان قرار دارند (مؤمنی، ۱۳۸۹). اراضی شور فلات مرکزی ایران با مساحت حدود ۲۰ میلیون هکتار شامل پوسته ها و کفه های نمکی، شوره‌زارهای خشک و مرطوب، بقایای دریاچه‌های خشک قدیمی، تپه‌های شنی و پلایا و گنبدهای نمکی هستند. این اراضی به‌دلیل عدم رده‌بندی بر مبنای طبقه‌بندی جامع خاک، جز اراضی متفرقه بوده و جز مناطق بدون خاک

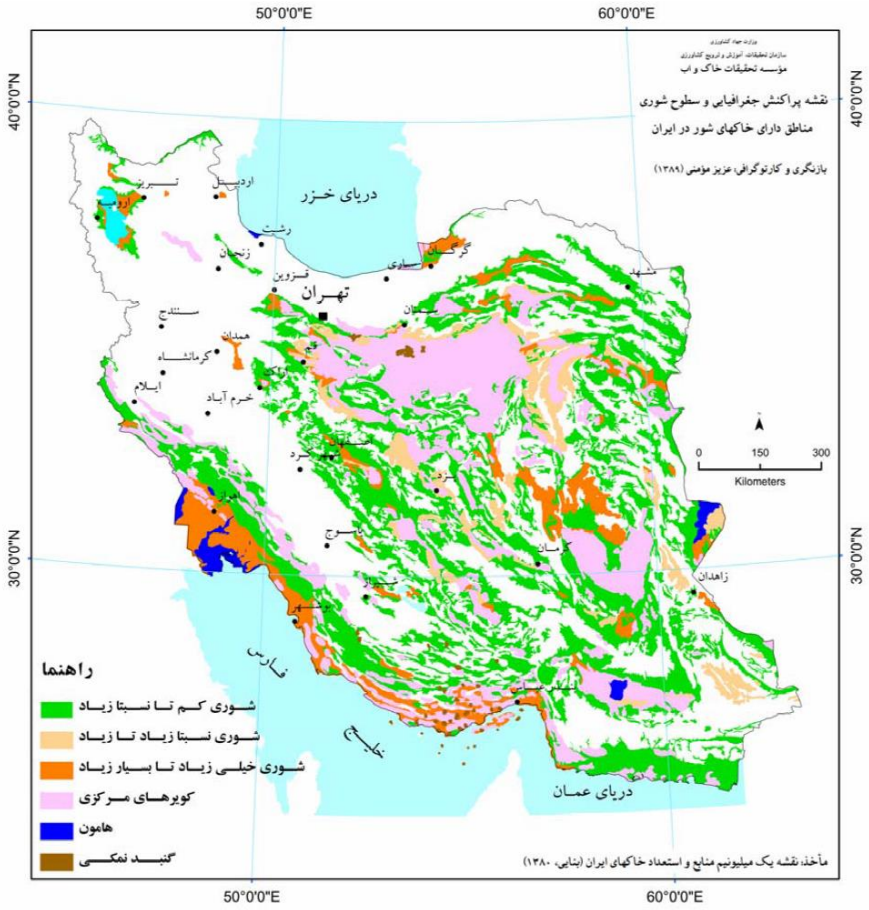
[5]- Ashraf and Harris

www.SID.ir

Archive of SID

به‌حساب آمده‌اند؛ بنابراین از کل مساحت کشور بیش از ۷۵ میلیون هکتار از اراضی (حدود ۴۶ درصد مساحت) دارای شوری هستند. از خاک‌های دارای شوری، ۱۲/۶ میلیون هکتار شوری نسبتاً زیاد تا بسیار زیاد (قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع بیش از چهار دسی‌زیمنس بر متر) و ۷/۸ میلیون هکتار شوری فراتر از ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر (خیلی زیاد تا بسیار زیاد) دارند.

بخش‌های زیادی از اراضی کشاورزی کشور مبتلا به سطوح مختلف شوری می‌باشند. بر اساس مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی که از سال ۱۳۳۲ تا ۱۳۸۸ با سطوح مختلف دقت در کشور انجام‌شده است، از مجموع حدود هشت میلیون هکتار اراضی آبی کشور که حدود ۹۰ درصد محصولات کشاورزی بر روی آن‌ها تولید می‌شود، ۶/۸ میلیون هکتار مبتلا به شوری می‌باشند که از این مقدار، حدود ۴/۳ میلیون هکتار فقط محدودیت شوری دارند (جدول ۴) و حدود ۲/۵ میلیون هکتار علاوه بر شوری دارای محدودیت‌های مربوط به ویژگی‌های خاک (بافت، عمق، ضریب آبگذری، نفوذپذیری)، پستی و بلندی، فرسایش و سطح بالای آب زیرزمینی هستند. حدود ۸۴ درصد از این مساحت دارای خاک‌های با شوری نسبتاً زیاد تا زیاد، ۱۵ در صد دارای خاک‌های با شوری خیلی زیاد و یک در صد نیز خاک‌های با شوری بسیار زیاد هستند. حدود ۵۰۰ هزار هکتار از اراضی شور کشاورزی، دارای مشکل آب زیرزمینی در محدوده رشد ریشه هستند.



شکل ۲- نقشه پراکنش جغرافیائی و سطوح شوری مناطق دارای خاک‌های شور در ایران (مؤمنی، ۱۳۸۹)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مساحت، سطوح شوری و پراکنش استانی اراضی کشاورزی دارای فقط محدودیت شوری و قلیائیت خاک (اقتباس از مؤمنی، ۱۳۸۹)

کلاس محدودیت شوری	ECe* ($dS\ m^{-1}$)	استان	مساحت	
			هکتار	درصد
II – نسبتاً زیاد	۴ تا ۸	آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، فارس، همدان، ایلام، کرمان، کرمانشاه، خراسان، خوزستان، مرکزی، قزوین، قم، سمنان، سیستان و بلوچستان، تهران، یزد	۳۲۰۳۵۵	۷/۵
III- زیاد	۸ تا ۱۶	آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، فارس، همدان، ایلام، کرمان، خراسان، مرکزی، قزوین، سمنان، سیستان و بلوچستان، تهران، یزد، زنجان	۸۵۹۹۴۰	۲۰/۰
V- خیلی زیاد	۱۶ تا ۳۲	آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، فارس، همدان، ایلام، کرمان، خراسان، خوزستان، مرکزی، قزوین، قم، سمنان، سیستان و بلوچستان، تهران، یزد، زنجان	۲۴۳۵۴۶۰	۵۷/۰
VI- بسیار زیاد	۳۲ و بیشتر	آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، فارس، همدان، خراسان، مرکزی، قم، سمنان، سیستان و بلوچستان، تهران، یزد	۶۶۲۳۷۵	۱۵/۵
		جمع	۴۲۷۸۱۳۰	۱۰۰

* قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک

عوامل گوناگونی منجر به ایجاد شوری در منابع خاک ایران شده‌اند. این عوامل که می‌توان آن‌ها را در دو گروه شوری‌زایی طبیعی (اولیه) و شوری‌زایی ناشی از فعالیت‌های انسانی (ثانویه) دسته‌بندی کرد، شامل عوامل زمین‌شناختی (سازندهای شور)، توپوگرافی، اقلیمی (تبخیر، بارندگی و باد)، هیدرولوژی، نشت آب‌های شور ساحلی و مدیریتی (آبیاری با آب‌های شور و عدم رعایت نیاز آبشویی) هستند (سیادت و همکاران، ۱۹۹۷).

با توجه به تداوم خشک‌سالی‌ها، محدودیت شدید منابع آب و کیفیت پایین آن (شوری)، گسترش روش‌های آبیاری نوین (با راندمان بالا و درنتیجه عدم تأمین نیاز آبشویی خاک) و مدیریت نامناسب منابع پایه، احتمالاً تغییرات زیادی در پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری خاک‌ها در حال رخ دادن است. احداث سدهای بزرگ و کنترل جریان رودخانه‌ها و سیلاب‌ها که در مواردی همچون دشت خوزستان احتمالاً روند شورشدن خاک و اراضی را به دلیل عدم امکان شستشو و نیز تشدید شدن نفوذ و غلبه آب‌های شور ساحلی افزایش داده است، نیز باید مدنظر باشد. تغییر اقلیم مسئله مهم دیگری است که بر گسترش شوری خاک اثرگذار است. رحیمیان و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی رابطه بین عوامل اقلیمی و شوری خاک به پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر شوری‌زایی پرداختند. آن‌ها افزایش میزان شوری متوسط خاک را به دلیل تغییرات اقلیمی محتمل در ۹۰ سال آینده، بین ۱/۵ تا ۴/۷ دسی‌زیمنس بر متر پیش‌بینی کردند. نتایج همچنین نشان داد که تغییر اقلیم اثرات معنی-داری بر حادتر شدن شرایط حاکم بر پلایای واقع در فلات مرکزی ایران و به‌تبع آن افزایش شوری و وسعت این عرصه‌ها خواهد داشت. عدم توجه به مسئله شوری خاک، عدم بکارگیری راهکارهای مدیریتی و اجرای تمهیدات لازم برای جلوگیری از شورشدن بیش‌تر اراضی کشاورزی میزان تولیدات محصولات کشاورزی را تهدید می‌کند.

آلودگی خاک

آلودگی خاک، غلظت‌های بیش از حد معمول برخی ترکیبات خاک (از جمله فلزات سنگین) و یا آمیختن یک یا چند ماده خارجی به خاک است به میزانی که کیفیت فیزیکی، شیمیایی یا زیستی (به بیان دیگر سلامت) آن را به نحوی تغییر دهد که برای انسان یا سایر موجودات زنده از جمله گیاهان و خاکزیان مضر باشد. عنصر، ترکیب یا ماده آلوده‌کننده خاک را آلاینده می‌نامند. وجود آلاینده‌ها در

www.SID.ir

Archive of SID

خاک به دلیل اختلال در کارکردهای خاک و همچنین به‌واسطه انتقال به منابع آب و جذب توسط گیاه، سلامت خاک را به خطر می‌اندازد. آلودگی خاک به‌طورکلی بر مبنای دخالت یا عدم دخالت انسان، به دو دسته طبیعی (زمین‌زاد) و غیرطبیعی (انسان‌زاد) گروه‌بندی می‌شود. بر اساس نوع مواد آلاینده، سه نوع آلودگی آلی، معدنی (غیرآلی) و زیستی وجود دارد. آلودگی خاک انسان‌زاد اغلب ناشی از چهار نوع فعالیت، شامل کشاورزی (کودهای شیمیایی، سموماً آبیاری با آب‌های آلوده)، صنعتی (فرونشست دود، پسماندها و نشت ترکیبات)، شهری (پسماندها، فاضلاب و لجن فاضلاب)، حمل و نقل و تصادفات (فرونشست دود و نشت مواد) است. آلودگی خاک بر اساس میزان گسترش، به دو دسته نقطه‌ای (نشت نفت یا گازوئیل از محل ذخیره آن و یا تصادف ماشین حامل مواد آلاینده و نفوذ آن‌ها به خاک) و گسترده (آلودگی حاصل از کوددهی یا سمپاشی زیاد زمین‌های کشاورزی) تقسیم می‌شود. آلودگی منابع آب مسئله‌ای جدای از آلودگی خاک نیست و این دو در ارتباط تنگاتنگی باهم هستند.

به‌طورکلی تاکنون مطالعه جامعی در مورد آلودگی خاک با انواع مختلف آلاینده‌ها در گستره ایران انجام‌نشده است، اما گزارش‌های متعددی در خصوص برخی آلودگی-های طبیعی از جمله آلودگی خاک و منابع آب با آرسنیک (به‌ویژه در شمال غرب ایران) و همچنین مطالعات پراکنده-ای در زمینه آلودگی‌های انسان‌زاد برخی از اراضی کشاورزی با شماری از فلزات سنگین، آلودگی خاک حاشیه راه‌ها و بزرگراه‌ها به‌ویژه با سرب، آلودگی نفتی خاک، آلودگی خاک اطراف معادن، صنایع فولاد و ذوب آهن با شماری از فلزات سنگین وجود دارد.

گزارش‌های گوناگونی در مورد بالا بودن میزان آرسنیک، یک شبه‌فلز بسیار سمی برای گیاهان، ریزجانداران و انسان، در منابع آب‌وخاک شمال غرب ایران وجود دارد که منشأ زمین‌شناسی و آتشفشانی دارد (کشاورزی و همکاران، ۲۰۱۱؛ مسافری و همکاران، ۲۰۱۷). از جمله، آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت چاردولی استان کردستان (صفری و همکاران، ۱۳۹۵)، دشت خوی (اصغری مقدم و جلالی، ۱۳۹۳)، دشت تبریز (اصغری مقدم و برزگر، ۱۳۹۳)، آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های بیجار، قروه و تکاب (کشاورزی و همکاران، ۲۰۱۱)، آب‌های سطحی و زیرزمینی شهرستان هشترود (مسافری و همکاران، ۲۰۱۷)، آب‌های سطحی و زیرزمینی استان اردبیل (مسافری و همکاران، ۲۰۱۴) به آرسنیک گزارش‌شده است. همچنین آلودگی خاک، آب و برخی گیاهان در برخی مناطق شهرستان بیجار (زندسلیمی و همکاران، ۲۰۱۱)، آلودگی آب، خاک و گندم در منطقه بیجار (کریمی و علوی، ۲۰۱۶)، آلودگی نیمرخ خاک در منطقه بیجار (نبی‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۲)، آلودگی خاک برخی مناطق شمال شهرستان قروه (بابا اکبری ساری و همکاران، ۱۳۹۲) به آرسنیک گزارش شده است.

بر اساس بررسی خادم مقدم ایگده‌لو و گلچین (۱۳۹۸)، غلظت آرسنیک در آب‌وخاک نقاط مختلف ایران با غلظت بیش از حد مجاز (۱۰ میکروگرم در لیتر آب آشامیدنی و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به ترتیب در دامنه ۱۰ تا ۸۴۰ و ۲۳/۱ تا ۱۷۷۵/۲ گزارش‌شده است. ایشان وجود معادن طلا و مس (به ترتیب در منطقه تکاب و کرمان) و سازند آتشفشانی ارومیه–دختر (که اغلب معادن کشور بر روی آن واقع شده‌اند) را منابع اصلی آلاینده خاک و آب به آرسنیک و کاربرد آفت و حشره‌کش‌ها و دیگر نهاده‌های کشاورزی را از دیگر عوامل ورود آرسنیک به منابع آب‌وخاک می‌دانند. آلودگی آب‌های سطحی و زیرسطحی به آرسنیک در ۱۳ استان کشور بیانگر تهدید آرسنیک است.

مارزی و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی ۵۳ نمونه خاک سطحی از منطقه هشترود، گزارش دادند که خاک‌های منطقه آلوده به آرسنیک هستند، به‌طوری‌که میانگین غلظت آرسنیک در کل خاک‌های مورد مطالعه ۴۹/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم (بیشینه غلظت تا ۶۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. در این تحقیق، بیش از ۸۰ درصد خاک‌های مورد مطالعه، غلظتی کمتر از حد مجاز داشتند. خاک‌های کشاورزی

www.SID.ir

Archive of SID

روستاهای قوپوز و قزللو بیش‌ترین مقدار آلودگی به آرسنیک را داشتند.

یکی از منابع اصلی تولید فلزات سنگین به‌ویژه سرب در شهرها و همچنین حاشیه بزرگراه‌ها و ورود آن به محیط (هوا و سپس خاک و آب) و در نتیجه آلودگی این منابع، تردد خودروها است (فاکایو و الو- اولابی، ۲۰۰۳). سرب اغلب در نتیجه کاربرد سوخت‌های بنزینی سرب‌دار وارد محیط می‌شود که در گذشته بیش‌تر مورد استفاده بود. در این مورد نیز مطالعاتی در برخی نقاط کشور انجام‌شده است. رحمانی و همکاران (۱۳۷۹) با بررسی چهار نقطه در حاشیه بزرگراه‌های برون‌شهری نشان دادند که خاک اطراف این راه‌ها به سرب آلوده است و این آلودگی با فاصله گرفتن از بزرگراه‌ها کاهش می‌یابد. سامانی مجد و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی آلودگی خاک حاشیه خیابان‌های شهر اصفهانی به سرب و کادمیوم به این نتیجه رسیدند که خاک حاشیه خیابان‌ها به دلیل آلایندگی ناشی از رفت‌وآمد خودرو به فلزات سنگین سرب و کادمیوم آلوده است. در خاک‌های کشاورزی جنوب سبزوار در حاشیه راه اصلی نیز میانگین غلظت نیکل، کروم، منگنز، مس و روی در خاک سطحی بالاتر از استانداردهای خاک کشاورزی اتحادیه اروپا، سازمان بهداشت جهانی (WHO) و حفاظت محیط‌زیست امریکا (EPA) بود. کادمیوم نیز بالاتر از استانداردهای WHO و EPA و سرب بالاتر از استاندارد EPA بود (قاسم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹).

آلودگی با ترکیبات نفتی از دیگر آلودگی‌های خاک است که اغلب در حاشیه پالایشگاها، مخازن و خطوط انتقال رخ می‌دهد. در این مورد و به‌عنوان نمونه می‌توان به مطالعه گیتی‌پور و همکاران (۱۳۸۳) اشاره کرد که با بررسی آلودگی خاک‌های جنوب پالایشگاه تهران در اثر نشت ترکیبات نفتی به این نتیجه رسیدند که خاک منطقه عظیم‌آباد در برخی نقاط، آلوده به ترکیبات نفتی است و امکان نشت آلودگی از برخی از خاک‌های منطقه به آب‌های زیرزمینی وجود دارد.

رضایی و همکاران (۱۴۰۰) وضعیت آلودگی خاک و محصولات کشاورزی در ایران را مورد واکاوی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که (۱) کاربرد فراوان و طولانی‌مدت فاضلاب‌ها و پساب در آبیاری محصولات کشاورزی در برخی نقاط کشور نگران‌کننده و نیازمند توجه جدی است، (۲) آلودگی ساختاری گسترده در محصولات کشاورزی مشاهده نمی‌شود، اما بیش‌ترین گزارش آلودگی‌ها در سبزیجات برگی ازجمله کاهو و اسفناج وجود دارد که اغلب در مناطق خاصی است که از کودهای شیمیایی نیتروژنی به‌مقدار زیاد استفاده می‌شود، (۳) در مورد فلزات سنگین نیز گستردگی عمومی دیده نشده است.

سازمان حفاظت محیط‌زیست اقدام به تعیین حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده‌های ورودی به آن برای کاربری‌های مختلف خاک نموده است[۶]. در این سازمان پتانسیل آلودگی خاک‌های کشور بر اساس منابع آلاینده (انسانزاد و طبیعی)، نوع فعالیت (کشاورزی، صنعتی و شهری) و نوع تمرکز آلاینده‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفته و نقشه‌هایی بر مبنای حوضه آبخیز اصلی تهیه‌شده است.

تنوع زیستی خاک

نخستین بار واژه تنوع زیستی توسط ریموند داسمن در سال ۱۹۶۸ در کتاب "نوع دیگری از زندگی" به‌کار برده شد. پس از آن و به فاصله یک دهه این واژه بسیار پذیرفته شد تا جایی که در دهه ۱۹۸۰ در علوم و سیاست محیطی وارد شد. تنوع زیستی در ساده‌ترین تعریف به سطوح مختلف زندگی بر روی زمین، یا به بیانی، به همه شکل‌های زندگی از ژن‌ها تا گونه‌ها و زیست‌بوم‌ها گفته می‌شود. تنوع زیستی نوعی میزان برای سنجش سلامت زیست‌بوم‌ها است و در مناطق استوایی بیشینه و در قطب‌ها کمینه است. تغییرهای تند محیطی اغلب به انقراض‌های

[۶] -استانداردهای مربوطه در این صفحه قابل‌مشاهده است: سازمان حفاظت محیط زیست -صفحه جدید اصلی آب و خاک(doe.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

گروهی می‌انجامد. گفته می‌شود درصد کمی از گونه‌هایی که در زمین می‌زیسته‌اند، اکنون وجود دارند. تنوع زیستی فعلی، محصول میلیاردها سال تکامل موجودات است که با فرآیندهای طبیعی (و البته به‌طور فزاینده‌ای تحت تأثیر انسان) به وجود آمده است. خاک‌ها یکی از مخازن اصلی جهانی تنوع زیستی هستند و مطالعات نشان داده که بیش از ۴۰ درصد از موجودات زنده در زیست‌بوم زمین در طول چرخه زندگی مستقیماً با خاک در ارتباط هستند (دیکنز و همکاران، ۲۰۰۶). در کره زمین تنوع زیستی در زیر خاک خیلی بیش‌تر از روی خاک است و گفته می‌شود حدود ۲۵ درصد تنوع زیستی کره زمین مربوط به خاک است.

تنها یک تا دو درصد میکروفلور خاکزی شناخته‌شده در صورتی‌که برای جانداران بزرگ‌تر به علت تنوع کم‌تر و اندازه بزرگ‌تر، تعداد بیش‌تری شناسایی شده‌اند. جانداران خاک در تنظیم آب و هوا، چرخه کربن خاک، در کربن‌اندوزی، در شکل‌گیری خاک و ممانعت از فرسایش، تنظیم رواناب، تصفیه پساب، جلوگیری از ورود گونه‌های مهاجم، کنترل زیستی آفات مؤثر بوده و عامل تنوع ژنتیکی هستند. به‌طور خلاصه تنوع زیستی خاک می‌تواند به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم در تنظیم زیست‌بوم خاک و رفاه انسان به شیوه‌های مختلف ازجمله؛ تغییر شکل کربن، چرخه عناصر غذایی، ساختمان خاک، تنظیم زیستی، شرکت در ممانعت از تخریب خاک، بازیابی خاک و کاهش تخریب، در سلامتی انسان، حیوان و گیاه، کربن‌اندوزی، تنظیم آب و هوا، تنظیم رواناب، تنظیم تنوع و کنترل زیستی، اهمیت زیباشناختی در هنر و فرهنگ و طراحی تأثیرگذار باشد. جانداران خاک همچنین زمینه‌ای برای توسعه فناوری‌های جدید زیستی و صنعت تولید داروهای جدید با منبع زیستی و مطالعات تکاملی و دانش اکولوژی فراهم می‌کنند.

تهدیدات تنوع زیستی خاک که از آن به‌عنوان انقراض ششم شناخته می‌شود، شامل فرایندهایی هستند که به‌صورت طبیعی و یا غیرطبیعی تنوع زیستی خاک را مورد تهدید قرار می‌دهند. این تهدیدها شامل؛ جنگل‌زدایی، تغییر کاربری اراضی، توسعه شهرنشینی، مدیریت نامناسب خاک، افزایش برداشت، هدررفت کربن آلی خاک، متراکم و غرقابی شدن خاک، اسیدی شدن خاک، عدم تعادل عناصر تغذیه‌ای (نیتروژن و فسفر)، آلودگی، شور و سدیمی شدن، آتش‌سوزی، فرسایش و زمین‌لغزش، تغییر آب و هوا، ورود گونه‌های مهاجم به خاک، کاهش کیفیت و ازهم‌گسیختگی زیستگاه‌ها هستند. مطابق بررسی‌ها، استفاده از میکروب‌های مهندسی‌شده در اصلاح خاک به‌صورت کود زیستی و یا بیوکنترل کم‌ترین تهدید را روی تنوع زیستی خاک داشته، در صورتی‌که کاهش ماده آلی و برداشت بیش از حد محصول، بیش‌ترین تهدید روی خاک نشان داده است.

برخی راهکارهای مدیریتی حفظ تنوع زیستی خاک شامل؛ بی‌خاک‌ورزی یا حداقل خاک‌ورزی، شیوه آبیاری مناسب، تنوع و تناوب کشت، افزودن مواد آلی، کشت مخلوط گیاهان، تلقیح خاک با میکروب‌های مفید مانند قارچ‌های مایکوریز و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هستند؛ اما محدودیت‌های مدیریتی برای حفظ تنوع زیستی و خدمات خاک وجود دارند. برخی از این محدودیت‌ها عبارت از فقدان اطلاعات کافی در مورد تنوع زیستی خاک در سطح ملی و بین‌المللی، نبود یک روش منسجم برای نمونه‌برداری و ارزیابی تنوع زیستی خاک، نبود روش‌های ساده و قابل‌استفاده کشاورزان برای ارزیابی تهدیدات و وضعیت تنوع زیستی خاک، متغیر بودن اثرات تلقیح کود زیستی به خاک بر تنوع زیستی خاک، کمبود منابع در دسترس برای تفسیر نتایج وضعیت تنوع زیستی خاک و عملکرد آن‌ها، محدود بودن مطالعات اثر تهدیدات روی جوامع زیستی خاک هستند.

در کشورهای مختلف پروژه‌های کشاورزی و کشت‌وصنعت سبز بر اساس حفظ حداکثر تنوع زیستی خاک طراحی و اجراشده است. برای مثال در کشور چین پروژه توسعه کشاورزی سبز[۷] اجراشده است. در استرالیا، پروژه‌ای به‌نام بیوم محیط خاکی استرالیا[۸] برنامه‌ریزی و

[7] -Agriculture Green Development

[8] -Biomes of Australian soil environments

www.SID.ir

Archive of SID

اجراشده است. در این پروژه در بیش از ۱۵۰۰ مکان شامل نواحی استرالیا و قطب جنوب و نواحی بیابانی، زمین‌های کشاورزی، نواحی گرمسیری، کوهستانی، نواحی ساحلی و پشت نواحی ساحلی، تنوع زیستی مطالعه و یک بانک داده جامع به‌عنوان رفرنس و نقشه میکروبیوم خاک استرالیا تهیه‌شده است.

در واخینگن هلند نیز از سال ۱۹۶۶ در غالب یک پروژه بزرگ، اطلاعات بیش از ۱۰۰۰ پروفیل خاک از ۸۰ کشور مختلف جمع‌آوری و اطلس جهانی تنوع زیستی خاک ترسیم شد. از دیگر موزه‌ها و بانک خاک می‌توان موزه تاریخ طبیعی سانکنبرگ[9] را نام برد که یکی از اهداف آن، تأسیس بانک اطلاعاتی جهانی از موجودات خاک و کارکرد آن‌ها بوده است. در روسیه به‌منظور حفظ بیوم خاک و بررسی تغییرات آن، از سال ۱۹۲۹ بانک خاک تأسیس‌شده است که در آن علاوه بر نگهداری خاک، DNA کل خاک-های بایگانی‌شده منطبق با تیپ ژنتیکی و خصوصیات خاک نگهداری می‌شود. در امارات متحده عربی پروژه‌ای به‌نام DARWIN 21 با هدف شناخت کامل از تنوع زیستی ریزوسفر بیابان‌های مناطق عرب نشین و مطالعه کاربردشان برای توسعه سامانه‌های کشاورزی پایدار در زمین‌های خشک و بی‌آب‌وعلف اجرا شد. در سایر کشورهای پیشرفته با تأسیس بانک‌های خاک توانسته‌اند ذخایر زیستی خاک را برای سالیان سال حفاظت و پایش نمایند. گزارش‌های تنوع زیستی در ایران عمدتاً بر تعداد گونه‌های گیاهی و جانوران خشک‌زی و آبزی متمرکزشده است. در ایران تنها تعداد معدودی کلکسیون میکروبی، به‌صورت پراکنده و با هدف نگهداری برخی سویه‌ها با صفات عملکردی مناسب، ایجاد شده‌اند به‌عنوان نمونه، کلکسیون میکروبی در دانشگاه‌های مختلف کشور، کلکسیون میکروبی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و مرکز ذخایر زیستی را می‌توان نام برد. متأسفانه در این کلکسیون‌ها هیچ داده‌ای مرتبط با تنوع زیستی خاک‌های کشور به‌ویژه مزارع با کاربری‌های مختلف وجود ندارد. اکثر کارهای پژوهشی انجام‌شده به‌صورت پراکنده و خارج از یک برنامه مدون بدون توجه به محوریت حفظ تنوع زیستی خاک‌های کشور انجام‌شده است. بنابراین یکی از چالش-های اصلی مرتبط با تنوع زیستی خاک‌های کشور نبود یک برنامه در سیاست‌های مدیریتی کشور برای شناسایی و حفظ این تنوع بزرگ و تهیه بانک اطلاعاتی می‌باشد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

منابع خاک خدمات گسترده‌ای را در اقتصاد، سلامت انسان و زیست‌بوم و حفاظت محیط‌زیست ارائه می‌نمایند. تولید محصولات کشاورزی و در نتیجه تأمین امنیت غذایی، توزیع و تنظیم جریان آب و ذخیره‌سازی آن در طبیعت، ذخیره کربن و تعدیل تغییرات آب و هوایی، حمایت و حفاظت از تنوع زیستی در زیست‌بوم‌ها، پالایش آلاینده‌ها و مواد سمی، استحاله پسماندها و تصفیه فاضلاب‌ها، از جمله مهم‌ترین خدامت و کارکردهای خاک هستند.

جمعیت ایران حدود ۱/۱ درصد جمعیت جهان و سطح کل اراضی کشاورزی آن کمتر از ۰/۴ درصد از اراضی کشاورزی دنیا است. در حال حاضر، سرانه زمین-های کشاورزی در ایران بر اساس اراضی در چرخه تولید، حدود ۰/۱۶ هکتار است. منابع خاک ایران دارای محدودیت‌های ذاتی فراوانی ازجمله شوری، خشکی، عمق کم، سنگریزه‌دار بودن، آهک و گچ هستند. همین منابع اندک خاک به شکل‌های گوناگون از نظر کمی و کیفی دارای روند قهقرایی بوده و با چالش‌های متعددی مواجه هستند. فرسایش خاک، تغییر کاربری اراضی کشاورزی، گسترش شوری، کاهش بنیه حاصلخیزی، فقر مواد آلی، روش‌های نامناسب شخم و عملیات زراعی، فقدان قوانین و ضوابط جهت استفاده مناسب و جلوگیری از تخریب و آلودگی خاک، ورود آلاینده‌ها به خاک و اثرات ناشی از تغییر اقلیم،

[9] -Senckenberg Natural History Museum Gorlitz

www.SID.ir

Archive of SID

ازجمله مسائلی هستند که کمیت و کیفیت منابع خاک را تهدید می‌کنند.

برای رفع مشکلات فعلی خاک‌های کشور و پیشگیری از صدمات آینده، اجرای راهکارها و راهبردهای زیر پیشنهاد و تأکید می‌شود:

اجرای دقیق قانون حفاظت از خاک و آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مربوط به مدیریت پایدار منابع خاک،

پیشگیری جدی از تغییر کاربری اراضی به‌ویژه اراضی کشاورزی،

حفاظت و مدیریت پایدار خاک در اراضی کشاورزی، جنگلی، مرتعی، صنعتی و شهری،

مطالعه، شناسایی و تهیه نقشه‌های مدیریت‌پذیر خاک، با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، در اراضی کشاورزی و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی مربوطه جهت دست‌یابی به اهداف مذکور و تأمین نیازهای اطلاعاتی کاربران مختلف،

تدوین و اجرای برنامه‌های کلان ملی، ازجمله « افزایش ماده آلی خاک»، « حفاظت خاک و مهار فرسایش»، «بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک»، و «پایش مستمر وضعیت کمی و کیفی منابع خاک»،

تلاش برای توسعه روش‌ها و فناوری‌های نوین دانش‌بنیان جهت مدیریت، شناسایی و پایش منابع خاک کشور،

تدوین و اجرای برنامه پیشگیری، اصلاح و احیای خاک‌های شور،

تقویت جایگاه تشکیلات اجرایی دستگاه‌های متولی مدیریت و حفاظت خاک،

ایجاد ردیف‌های بودجه و تخصیص منابع مالی برای اجرای برنامه‌های فوری، میان‌مدت، و درازمدت،

تلاش در ارتقاء فرهنگ صحیح بهره‌برداری و مدیریت خاک در بین اقشار مختلف جامعه،

توسعه کشاورزی حفاظتی (خاک‌ورزی بهینه، حفظ پوشش خاک و رعایت تناوب زراعی مناسب).

فهرست منابع

۱. اسدی، ح. ۱۴۰۰. مروری بر وضعیت، و پیشینه آموزش، پژوهش و اجرا در زمینه فرسایش و حفاظت خاک در ایران. هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، تهران، ۲۶ تا ۲۸ مهرماه ۱۴۰۰، ایران.

۲. اصغری مقدم، ا.، برزگر، ر. ۱۳۹۳. بررسی عوامل مؤثر بر غلظت بالای آرسنیک در آب زیرزمینی آبخوان‌های دشت تبریز، علوم زمین، ۲۴(۹۴): ۱۷۷-۱۹۰.

۳. اصغری مقدم، ا.، جلالی، ل. ۱۳۹۳. بررسی آنومالی آرسنیک و منشأ احتمالی آن در آب زیرزمینی دشت خوی. علوم زمین، ۲۴(۹۴): ۱۴۷-۱۵۴.

۴. امامی. ن.، غیومیان، ج.، چرخابی، ا.م.، و رئیسیان، ر. ۱۳۸۵. بررسی علل زمین لغزش افسرآباد به‌منظور پیشنهاد گزینه‌های مناسب جهت تثبیت. گزارش نهایی طرح پژوهشی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۱۳۲ ص.

۵. امیرپور گورانی، پ.، آسودار، م.ا.، کاظمی، ن.، شافعی‌نیا، ع.، مرواریدی، ن. ۱۳۸۷. بررسی ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول سیب‌زمینی و چغندرقند در استان خوزستان به روش مزرعه‌ای. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۶-۷ شهریور ۱۳۸۷، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۶. بابااکبری ساری، م.، فرحبخش، م.، ثواقبی، غ.ر.، نجفی، ن. ۱۳۹۲. بررسی غلظت آرسنیک در برخی خاک‌های آهکی قروه و جذب آن به‌وسیله ذرت، گندم و کلزا در یک خاک آلوده طبیعی. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۴): ۱-۱۷.

www.SID.ir

Archive of SID

۷. باختر، ب.، ۱۳۵۲. عملیات حفاظت خاک و آب. اولین کنفرانس بررسی مسائل حفاظت خاک و آبخیزداری، ۳-۹ شهریور ۱۳۵۲، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

۸. بلالی، م .ر.، و غفاری نژاد، س.ع. ۱۳۹۸. تحلیل وضعیت حاصلخیزی خاک کشور از دیدگاه مدیریت تلفیقی : چالش‌ها و راهبردها .مجموعه مقالات شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. ۸-۵ شهریور ۱۳۹۸. دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۹. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۱۳۸۶. مطالعات سیمای حوزه‌های آبخیز، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

۱۰. رحمانی، ح.ر، کلباسی، م.، حاج رسولیها، ش. ۱۳۷۹. آلودگی خاک به‌وسیله سرب حاصل از وسایل نقلیه در محدودهٔ برخی از بزرگراه‌های ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴(۴): ۳۱-۴۱.

۱۱. رحیمیان، م.ح.، پورمحمدی، س.، هاشمی‌نژاد، ی.، مشکوه، م.ع. ۱۳۹۲. تأثیر تغییر اقلیم بر شوری‌زایی در پهنه‌های مرکزی و شرق ایران. پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۷(۱): ۱-۱۱.

۱۲. رضایی، ح. شهبازی، ک.، سعادت، س.، بازرگان، ک. ۱۴۰۰. بررسی وضعیت آلودگی خاک و محصولات کشاورزی در ایران. مدیریت اراضی، (آماده انتشار)، doi: 10.22092/lmj.2021.125620.177.

۱۳. رفاهی، ح. ۱۳۹۶. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۷۲ ص.

۱۴. رواسانی اصل، س. ۱۴۰۰. بررسی میزان تلفات خاک و عناصر غذایی ناشی از برداشت سیب‌زمینی (مطالعه موردی: سطح شهر کرج). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تهران.

۱۵. سامانی مجد، س.، تائبی، ا.، افیونی، م. ۱۳۸۶. بررسی آلودگی خاک حاشیه خیابان‌های شهری به سرب و کادمیوم. محیط‌شناسی، ۴۳: ۱-۱۰.

۱۶. ستاد ملی مقابله با گردوغبار، ۱۳۹۹. گزارش منشأ یابی گردوغبار داخل کشور. سازمان محیط‌زیست کشور، گزارش ایران.

۱۷. سعیدنیا. ا. ۱۳۹۴. بررسی وضعیت زمین کشاورزی در جهان. وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، ۱۲ ص.

۱۸. سماوات. س. ۱۳۹۶. گزارش نهایی پروژه "بررسی اثر کاربرد کودهای آلی مختلف بر خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک تحت کشت تناوب گندم-ذرت". موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

۱۹. سیدالعلماء، س.ن.، ح. اسدی و م. زواره. ۱۳۹۴. اثر فرسایش شخم بر میزان جابجایی و توان تولید خاک (مطالعه موردی: توتکابن در استان گیلان). تحقیقات آب‌وخاک ایران، دوره ۴۶، شماره ۴: صفحه ۷۶۹-۷۸۰.

۲۰. شاهویی، ص. ۱۳۶۸. بررسی فاکتورهای مؤثر در فرسایش خاک در ایستگاه تحقیقات حفاظت خاک و آب کوئین و تعمیم نتایج در تهیه نقشه فرسایش خاک آبخیز سرشاخه ملارود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه تهران، ۱۷۰ صفحه.

۲۱. شرکت ایده پردازان توسعه، ۱۳۹۲. مطالعات تفضیلی- اجرائی و کنترل گالی‌های حوزه کاجو و گرگرو شهرستان چابهار، جلد یازدهم: سنتز و تلفیق، اداره کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان سیستان و بلوچستان، معاونت آبخیزداری، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، وزارت جهاد کشاورزی.

۲۲. صفری، ش.، اصغری مقدم، ا.، ندیری، ع.، سیاه‌چشم، ک. ۱۳۹۵. منشأ آرسنیک و چگونگی آزادسازی آن در منابع آب زیرزمینی دشت چهاردولی استان کردستان. علوم زمین، ۲۵(۹۹): ۲۶۱-۲۷۰.

www.SID.ir

Archive of SID

۲۳. صوفی، م. ۱۳۹۴. بررسی و طبقه‌بندی آبکندهای ایران (فاز ۱)، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۹۲ ص.

۲۴. صوفی، م.، ر. بیات، ا. پرتوی. ۱۴۰۱. روش‌های کنترل و مرمت آبکندها در استان‌های مختلف ایران. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۴(۱): ۱-۱۶.

۲۵. عرب‌خدری، م. ۱۳۸۴. بررسی رسوب‌دهی معلق حوزه‌های آبخیز ایران. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۲، ۶۱-۵۱.

۲۶. عرب‌خدری، م. ۱۳۹۳. مروری بر نرخ فرسایش آبی و تولید رسوب در ایران. ترویج و توسعه آبخیزداری. ۲ (۴): ۲۳-۳۰.

۲۷. عرب‌خدری، م. ۱۴۰۰. وضعیت فرسایش آبی و رسوب‌دهی ایران، واکاوی آماری و مقایسه‌ای. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۶(۲): ۱۳۹-۱۵۶.

۲۸. عرب‌خدری، م.، ص. شادفر و ر. سکوتی اسکوئی. ۱۳۹۵. تدقیق ارقام فرسایش آبی و تعیین مقدار مجاز آن در کشور. گزارش نهایی طرح پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۲۹. عرب‌خدری، م.، ص. شادفر و ر. سکوتی اسکوئی. ۱۳۹۵. تدقیق ارقام فرسایش آبی و تعیین مقدار مجاز آن در کشور. گزارش نهایی طرح پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۳۰. عرب‌خدری، م.، ع.و. خوجینی، ش. حکیم‌خانی، ا.ح چرخابی و ع. تلوری. ۱۳۸۸. برآورد رسوب‌دهی و تهیه نقشه تولید رسوب برای ایران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۵ ص.

۳۱. علی‌دوست ا. ح. اسدی ن. پیرولی بیرانوند و ع. موسوی. ۱۳۹۱. کاربرد روش انگشت‌نگاری چند پارامتری به‌منظور منشایابی رسوبات (مطالعه موردی در غرب استان گیلان). تحقیقات آب‌وخاک ایران، جلد ۴۳، شماره ۴، ص ۲۸۹ تا ۲۹۵.

۳۲. فرهنگستان علوم کشاورزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۷۹، فرهنگ کشاورزی و منابع طبیعی، جلد دهم، گروه علوم کشاورزی- ۲۰، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، زمستان، ۲۶۵ص، انتشارات دانشگاه تهران.

۳۳. کاردان، ر.، قبادی، م.، میرصانعی، ر. ۱۳۸۶. زمین‌لغزش‌های کشور مبتنی بر عکس‌های هوائی. پنجمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی کشور، تهران، دانشگاه تربیت‌معلم.

۳۴. گیتی‌پور، س.، نبی بیدهندی، غ.ر.، امین گرجی، م. ۱۳۸۳. بررسی آلودگی خاک‌های جنوب پالایشگاه تهران در اثر نشت ترکیبات نفتی. مجله محیط‌شناسی، ۳۴: ۳۹-۴۵.

۳۵. مارزی، م. توفیقی، ح.، فرحبخش، م.، شهبازی، ک. ۱۳۹۹. تهیه نقشه آرسنیک در خاک‌های استان آذربایجان شرقی و بررسی امکان کنترل آزادسازی آن (مطالعه موردی شهرستان هشترود). تحقیقات آب‌وخاک ایران، ۵۱(۸): ۲۱۰۱-۲۱۱۰.

۳۶. مشیری، ف. ۱۳۹۶. گزارش نهایی پروژه "بررسی تأثیر مقادیر و منابع مختلف کودهای آلی در تأمین فسفر موردنیاز در تناوب گندم-ذرت". نشریه شماره ۲۰۷۲. موسسه تحقیقات خاک و آب.

۳۷. موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۹۳. گزارش مبانی و ارکان برنامه راهبردی موسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

۳۸. مؤمنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. پژوهش‌های خاک، ۲۴(۳)، ۲۱۵-۲۰۳.

www.SID.ir

Archive of SID

۳۹. میرزاشاهی، ک. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر منابع و مقادیر مختلف کودهای آلی در تأمین پتاسیم موردنیاز گیاه در تناوب گندم – ذرت. گزارش نهایی پروژه. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

۴۰. نبی‌اللهی، ک.، حیدری، ا.، تومانیان، ن.، ثواقبی،غ.ر. ۱۳۹۲. ارتباط خصوصیات خاک در سطوح مختلف ژئومورفیک با تغییرات مکانی آرسنیک خاک (مطالعه موردی: منطقه بیجار، استان کردستان) .مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۳(۲): ۱-۲۷.

۴۱. نصرتی ک.، رستمی م.، امینی م. ۱۳۹۸. برآورد هدررفت خاک ناشی برداشت محصول سیب‌زمینی در دشت قروه و دهگلان، استان کردستان. تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۷ شماره ۱. ص ۱۷۷-۱۸۶.

۴۲. نصرتی، ک.، م. رستمی، م. امینی. ۱۳۹۸. برآورد هدررفت خاک ناشی از برداشت محصول سیب‌زمینی در دشت قروه و دهگلان، استان کردستان. تحقیقات کاربردی خاک، ۷(۱)، ۱۷۷-۱۸۶.

۴۳. نیک‌کامی، داود و شادفر، صمد. ۱۴۰۰. تهیه نقشه فرسایش خاک در حوضه‌های دارای ایستگاه رسوب‌سنجی کشور. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۳(۲)، ۴۷۹-۴۹۶.

44. Ashraf, M. and P.J.C. Harris. 2005. Abiotic Stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches. Haworth Press, New York, USA.
45. Borrelli, P., D.A.Robinson, L.R. Fleischer, E. Lugato, C. Ballabio, C. Alewell, K. Meusburger, S. Modugno et al., 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. Nat Commun 8, 2013. https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7.
46. De Pauw E., V.R. Ghasemi Dehkordi, and A.Ghaffari. 2018. Agroecological Zones. In: Roozitalab M., Siadat H., Farshad A. (eds) The Soils of Iran. World Soils Book Series. Springer, Cham., Chapter 9. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69048-3_9.
47. Fakayode, S.O. and B.I. Olu-Owolabi. 2003. Heavy metal contamination of roadside topsoil in Osogbo, Nigeria: Its relationship to traffic density and proximity to highways. Environmental Geology, 44, 150–157.
48. FAO. 2019. Soil Erosion: the greatest challenge to sustainable soil management. Rome. 100 pp.
49. Faraji, M., A. Amirian-Chakan, M. Jafarizadeh, and A. Mohammadian-Behbahani. 2017. Soil and nutrient losses due to root crops harvesting: a case study from southwestern Iran. Archives of Agronomy and Soil Science, 63(11), 1523-1534, DOI: 10.1080/03650340.2017.1296133.
50. Karimi, N., and M. Alavi. 2016. Arsenic contamination and accumulation in soil, groundwater and wild plant species from Qorveh County, Iran. Biharean Biologist 10(2), 69-73.
51. Keshavarzi, B., F. Moore, M. Mosaferi, and F. Rahmani. 2011. The source of natural arsenic contamination in groundwater, west of Iran. Water Quality, Exposure and Health, 3(3-4), 135-147.
52. Lal, R., J. Bouma, E. Brevik, L. Dawson, D.J. Field, B. Glaser, … and J. Zhang. 2021. Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. Geoderma Regional, Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00398.
53. McBratney, A., D.J. Field, and A. Koch. 2014. The dimensions of soil security. Geoderma, 213, 203–213. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.013.
54. Morgan, R.C.P. 2005. Soil Erosion and Conservation. Third Edition, Blackwell Publisher, Oxford, London.
55. Mosaferi, M., S. Nemati, F. Armanfar, A. Nadiri, and A. Mohammadi. 2017. Geogenic Arsenic contamination in Northwest of Iran; Role of water basin hydrochemistry. Journal of Environmental Health and Sustainable Development, 2(1), 205-216.

www.SID.ir

Archive of SID

56. Mosaferi, M., M. Shakerkhatibi, S. Dastgiri, M.A. Jafarabadi, A. Khataee, and S. Sheykholeslami. 2014. Natural Arsenic pollution and hydrochemistry of drinking water of an urban part of Iran. Avicenna Journal of Environmental Health Engineering, 1(1), e164.
57. Moshiri, F., S. Samavat, and M.R. Balali. 2017. Soil organic carbon: A key factor of sustainable agriculture in Iran. pp. 492-496. Proceedings of the global symposium on soil organic carbon. 21-23 March, 2017. FAO, Rome, Italy.
58. Nearing, M.A., Y. Xie, B. Liu, and Y. Ye. 2017. Natural and anthropogenic rates of soil erosion. International Soil and Water Conservation Research, 5(2), 77-84. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.04.001.
59. Roozitalab, M.H., H. Siadat, and A. Farshad. 2018. The Soils of Iran. World Soils Book Series. Speringer, Switzerland.
60. Siadat H., M. Bybordi, and M.J. Malakouti. 1997. Salt-affected soils of Iran: a country report. A paper presented in the Seminar on the Salt Affected Soils, September, 1997, Cairo, Egypt.
61. Soufi, M., R. Bayat, A.H. Charkhabi. 2020. Gully erosion in IR Iran: characteristics, processes, causes, and land use. In: Gully erosion studies from India and surrounding regions. Cham: Springer; p. 357–368.
62. U.N., 2020. The Sustainable Development Goals Report. United Nations, New York, NY.
63. Vargas, R., E.L. Pankova, S.A. Balyuk, P.V. Krasilnikov, and G.M. Khasankhanova. 2018. Handbook for Saline Soil Management. FAO, Rome, Italy.
64. Verheijen, F.G.A., R.J.A. Jones, R.J. Rickson, and C.J. Smith. 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. Earth Sci. Rev. 94, 23–38.
65. Zandsalimi, S., N. Karimi, and A. Kohandel. 2011. Arsenic in soil, vegetation and water of a contaminated region. International Journal of Environmental Science & Technology, 8(2), 331 – 338.

www.SID.ir

Archive of SID

Challenges and Limitations of Soil and Land Resources in Iran

H. Asadi, H. Besharati[1], and M. Gorji

Associate Professor, Soil Science Departments, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran. **ho.asadi@ut.ac.ir**

Professor, Soil and Water Research Institute; Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. **hbesharati@swri.ir**

Professor, Soil Science Departments, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran. **mgorji@ut.ac.ir**

Abstract

Iran, is located in the arid and semi-arid regions of the world, so due to geological and topographic conditions, has various and extensive limitations in soil resources and lands. These restrictions, along with unprincipled and intensive exploitation over the past few decades, have posed many challenges to these resources and thus endangered food security and public health. In this article, while briefly stating the importance and functions of soil, the current situation, and the most important challenges and limitations of soil resources in the country are explained**.** According to available information and data, soil water and wind erosion is the most important cause of soil degradation in Iran, which has many economic, social and environmental consequences. The lowest soil erosion estimated in the country is much higher than its tolerable (average amount of soil formation)**.** The most important cause of soil degradation in agricultural lands, especially irrigated farms, is soil salinity. At least 50% of the country's irrigated lands are facing an increasing problem of salinity**.** Land use change can be considered as the most important and urgent challenge of the soil resources, especially fertile lands, which also has negative economic, social, cultural and security consequences. Lack of organic carbon and loss of soil fertility, especially agricultural lands, are important limitations of soil quality that severely threaten food security and health. The degradation of soil resources has not only affected its productive function, but has also drastically reduced the capacity of lands and territories to cope with climate change, drought and floods. Occurrence of floods with a frequency greater than the return period of rainfall events, as well as hydrological and agricultural droughts, more severe than climatic droughts, are signs of this degradation.

Keywords: soil degradation, land use change, soil salinity, soil erosion, organic carbon

[1] - Coresponding Author: Soil and Water Research Institute; Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

www.SID.ir