وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

نشریه فنی

مدیریت ذخایر کربن آلی خاک، کلید سازگاری و مقابله با گرمایش جهانی یا تغییر اقلیم

شماره ثبت: ۵۶۲۲۷
۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

نشریه فنی:

مدیریت ذخایر کربن آلی خاک، کلید سازگاری و مقابله با گرمایش جهانی یا تغییر اقلیم

نویسنده:

یحیی پرویزی

شماره ثبت: ۵۶۲۲۷

وزارت جهادکشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک وآبخیزداری

عنوان نشریه: مدیریت ذخایر کربن آلی خاک، کلید سازگاری و مقابله با گرمایش جهانی یا تغییر اقلیم

نام و نام‌خانوادگی نویسنده: یحیی پرویزی

ویراستار: امیر سررشته‌داری

طراحی جلد و صفحه‌آرایی: اکبر حسینی‌رشید

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰ نسخه

تاریخ انتشار: ۱۳۹۸

این اثر در مورخه **۱۳۹۸/۷/۷** با شماره فروست **۵۶۲۲۷** در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر ماخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

خلاصه ۱

واژه‌های کلیدی ۱

تغییرات اقلیمی، گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای ۲

اثرات زیانبار تغییر اقلیم در جهان و ایران ۴

اثرات متقابل تخریب اراضی و تغییرات اقلیمی ۵

اثرات تغییر اقلیم بر منابع خاک ۷

اثرات تغییر اقلیم بر تخریب باروری خاک ۹

مخازن کربن آلی خاک و تغییرات اقلیمی ۱۲

تخریب مخازن کربن آلی خاک ۱۳

ترسیب کربن اتمسفری در خاک ۱۵

مولفه‌های مدیریت خاک موثر در ترسیب کربن ۱۸

- ✓ کوددهی و مدیریت بقایای گیاهی ۱۸
- ✓ آیش‌گذاری ۱۸

- ✓ مدیریت خاکورزی و شخم ۱۹
- ✓ مدیریت تناوب زراعی..... ۲۰
- ✓ کنترل فرسایش و تخریب ۲۱

ضرورت‌ها و پیشنهادها..... ۲۲

منابع ۲۴

Abstract..... ۲۶

Keywords..... ۲۶

خلاصه

تخریب اراضی و گرمایش زمین یا تغییر اقلیم به ترتیب چالش‌های بزرگی برای آینده توسعه در جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران است. این دو معضل جهانی به نوعی محصول تغییر کاربری و مدیریت ناصحیح حاکم بر عرصه‌های اراضی است. چرا که، اعمال این مدیریت‌ها ضمن تخریب باروری خاک، منجر به تصاعد مخازن کربنی آن به اتمسفر شده و از طریق تشدید اثر گلخانه‌ای، تغییرات اقلیمی را سرعت بخشیده است. زوال ظرفیت تولید خاک به این دلیل به وجود می‌آید که بوم‌سازگان‌های خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، نسبت به مدیریت و کاربری‌های نامناسب به شدت شکننده هستند. همچنین این بوم‌سازگان‌ها به شدت و به سرعت به اغتشاشات اقلیمی پاسخ می‌دهند. اثرات پدیده‌های تغییر اقلیم و تخریب خاک، بسیار متعدد و گسترده بوده و از جمله این اثرات عبارتند از: تقلیل کمیت و کیفیت خاک و منابع اراضی، تقلیل پایداری تولید و کیفیت منابع زیست‌توده، آلودگی هوا، آب و خاک و مشکلات زیست محیطی، افزایش وقایع غیرمترقبه طبیعی همچون خشکسالی یا طوفان و سیل‌های مهیب و انقراض گونه های متعدد گیاهی و جانوری. سهم واقعی اراضی کشور در روند گرمایش جهانی به طور کامل مشخص نیست. از سوی دیگر سهم روند گرمایش جهانی در صور پیدا و پنهان تخریب باروری منابع خاک به درستی روشن نیست. همچنین برای بیشتر بهره‌برداران عرصه اراضی، سهم کلیدی که خاک از طریق ترسیب کربن اتمسفری در تعدیل روند و اثرات تغییر اقلیم می‌تواند داشته باشد، ناشناخته است. در این نوشتار سعی خواهد شد ضمن بازخوانی تعاریف گرمایش جهانی و تغییرات اقلیم، به اثرات تخریب انباشته کربن آلی مخزن خاک یا ترسیب کربن در آن بر پدیده تغییر اقلیم و

بالعکس پرداخته شود. به‌علاوه، اثرات مدیریت انسانی بر فرایندهای یاد شده مورد بررسی و مداقه قرار خواهد گرفت.

واژه‌های کلیدی: اثر گلخانه‌ای، کیفیت خاک، بیابان‌زایی، تخریب خاک، ترسیب کربن

تغییرات اقلیمی، گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای

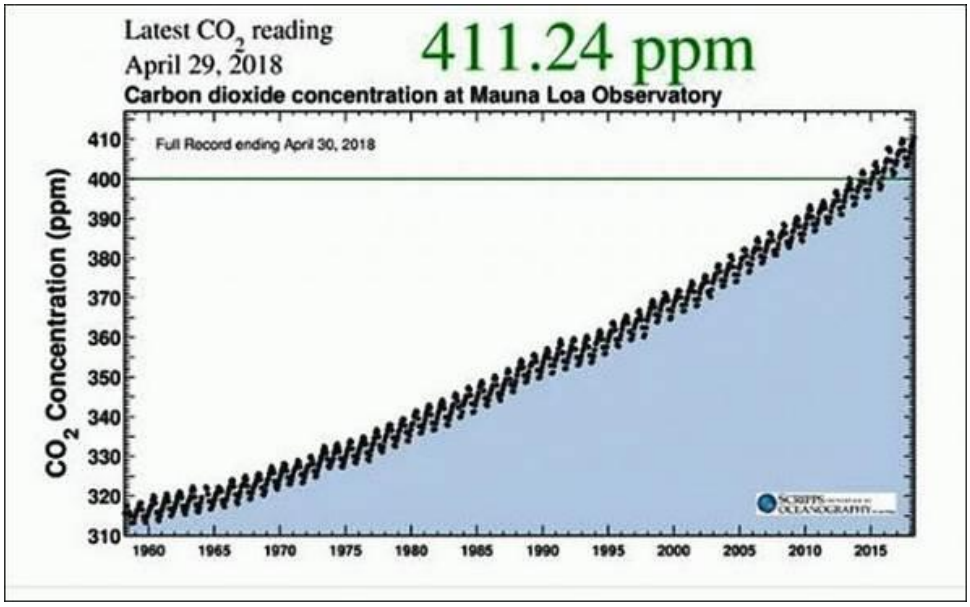
تغییر اقلیم کره زمین که تا اواخر قرن بیستم بعنوان یک فرضیه علمی‌مطرح بود. امروزه به‌عنوان یک واقعیت تلخ با اثرات زیان‌بار بی‌شمار، مورد توجه است. تغییر اقلیم در عصر حاضر به‌عنوان مهمترین تهدید برای توسعه پایدار مطرح است، که به کشاورزی، منابع طبیعی، منابع پایه، محیط زیست، سلامت انسان، امنیت غذایی، فعالیت‌های اقتصادی و غیره آسیب می‌رساند. این پدیده، در اثر گرمایش جهانی ناشی از اثر گلخآنه ای تشدیدی است. گرمایش جهانی، معلول تصاعد گازهای گلخانه‌ای نظیر گازکربنیک، متان، نیتروس اکسید و غیره به جو در اثر فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی می‌باشد. این گاز مانند شیشه سقف گلخانه، به گرمای خورشید که با طول موج کوتاه می‌باشد، اجازه ورود می‌دهد، اما از خروج اشعه‌های با طول موج بلند جلوگیری می‌کند.

اثر گلخانه‌ای، به‌صورت طبیعی یک فرایند حیاتی برای کره زمین است که مانع تغییرات شدید دمائی در سطح آن است. مسئله‌ای که امروزه نگران کننده است، اثر گلخانه‌ای تشدیدی است که تولید زیاد گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی اکسیدکربن و متان منبع اصلی بروز این مشکل است.

برخلاف دی اکسیدکربن، متان به مدت طولانی در اتمسفر باقی نمی‌ماند، اما اثر گرمایشی خیلی بیشتری دارد (۲۲ برابر). منشا اصلی تولید متان، اراضی کشاورزی است.

غلظت دی‌اکسیدکربن در جو به سرعت در حال افزایش است و در آستانه رسیدن به مرز بحرانی ۴۵۰ قسمت در میلیون (ppm) می‌باشد. غلظت متان در جو نیز در ۱۰۰ سال گذشته بیش از دو نیم برابر افزایش یافته است. اندازه‌گیری‌ها نشان دهنده آن است که تا قبل از سال ۲۰۱۲ نرخ واحد کربن خالص باقیمانده در جو در هر سال ۰/۵ درصد افزایش داشته است. در سال ۲۰۰۵، میزان کربن محبوس شده در جو زمین ۳۷۹/۱ قسمت در میلیون بوده است. سازمان ملل در سال ۲۰۱۷ هشداری منتشر کرد مبنی براین که سطح کربن دی‌اکسید اتمسفر به حدی رسیده که پیش از این مشاهده نشده بود. سطوح کنونی کربن دی‌اکسید در طی سه میلیون سال گذشته، سابقه نداشته است.

غلظت جهانی کربن دی‌اکسید جو در سال ۲۰۱۶ به ppm ۴۰۳/۳ رسید (شکل۱). در سال ۲۰۱۵ غلظت جهانی کربن دی‌اکسید ppm ۴۰۰ بود. به عبارت دیگر نرخ افزایش سالانه سطح دی اکسید کربن اتمسفر به ۰/۸ درصد در سال رسیده است. آخرین باری که زمین با چنین غلظت دی‌اکسید کربنی مواجه شد، به سه تا چهار میلیون سال پیش برمی‌گردد. در آن زمان، دمای هوا دو تا سه درجه سانتی‌گراد گرم‌تر و سطح دریاها ۱۰ تا ۲۰ متر بالاتر از الان بوده است. سطح متان در جو نیز به بیش از ۲/۵ برابر سطح آن در پیش از آغاز انقلاب صنعتی است. آخرین آمار غلظت CO_2 در جو، حاکی از صعود غلظت این گاز به حدود ppm ۴۱۲/ ۳۲ در نیمه پایانی سال ۲۰۱۸ است که نشانگر نرخ رشد سالانه ۱/۱ درصدی در غلظت این گاز در اتمسفر است.



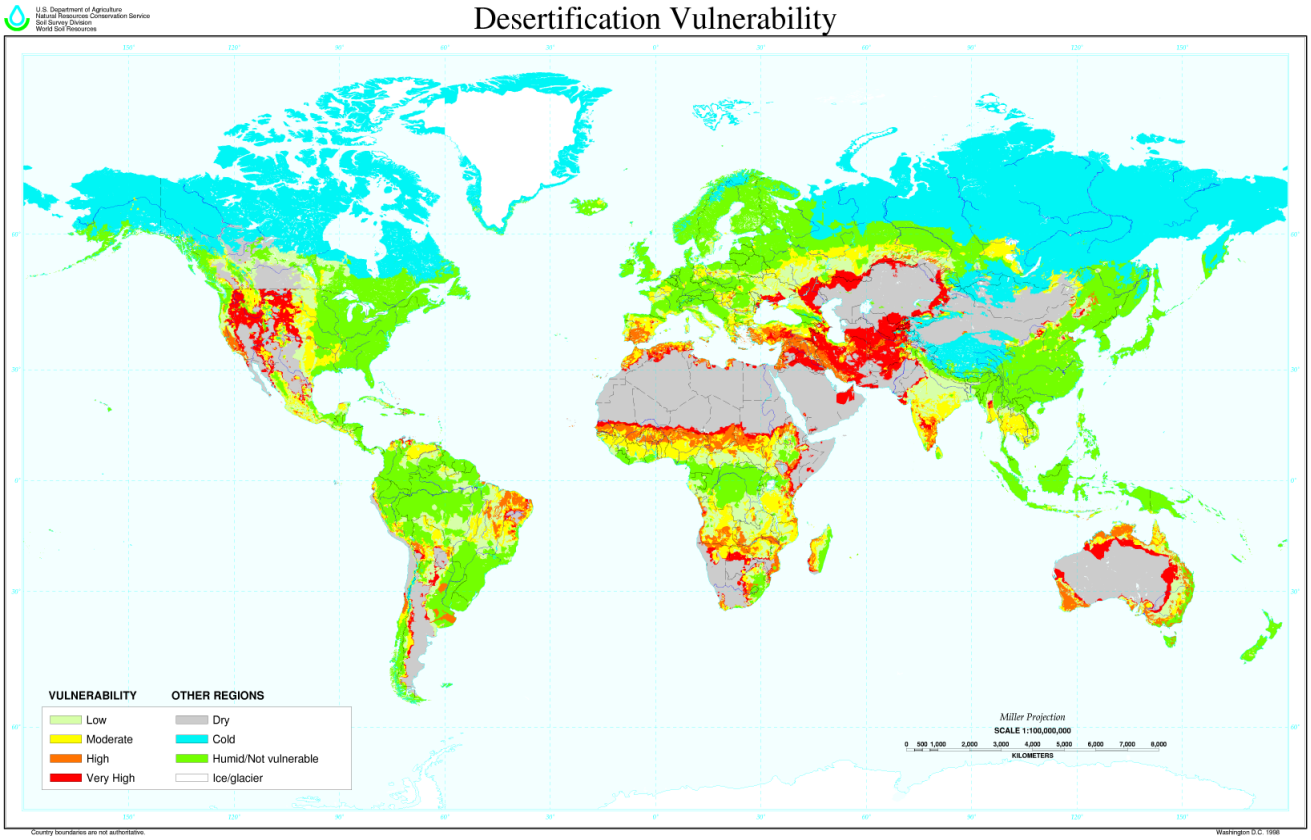
شکل ۱- غلظت CO2 اتمسفر در بازه زمانی ۱۹۵۸-۲۰۱۸(U.S. Department of Energy (DOE)، ۲۰۱۹)

اثرات زیانبار تغییر اقلیم در جهان و ایران

شاید مهمترین پیامدهای تغییر اقلیم در سطح جهان، افزایش درجه حرارت، ذوب شدن یخ-های قطبی و یخچال‌ها، بالا آمدن سطح آب های آزاد و بی نظمی در پدیده‌های آب و هوایی باشد. اما از نشانه‌های تغییر اقلیم در ایران، تغییر الگوی بارش کشور (نظیر بارش‌های ناگهانی، بارش برف در نقاط گرم و خشک جنوبی و مرکزی کشور پس از ۵۰ سال، سرمای شدید و بارش تگرگ در فصل شکوفه دهی درختان، بارش سنگین برف در استان‌های شمالی، کاهش باران در نقاط مرطوب و کوهستانی)، افزایش ناهنجاری های جوی نظیر وزش طوفان‌های شدید، خشکسالی و افزایش دما و همچنین کاهش شدید روزهای یخبندان در بیشتر مناطق، افزایش متوسط دمای برخی شهرها، رشد روز افزون بیابان‌ها، خشکیدن بیشتر تالاب‌ها به‌ویژه در مناطق زاگرس و البرز، از بین رفتن یا

کاسته شدن قابل ملاحظه ذخایر برفی مناطق کوهستانی و یخچالی، تلقی می‌شود. حتی بیشتر پژوهشگران معتقدند که تغییرات اقلیمی یکی از عوامل کلیدی در تشدید پدیده گرد و غبار و خشکی دریاچه ارومیه، زاینده‌رود، کرخه و کارون می‌باشد.

همچنین همان‌طور که به تفصیل در بندهای آتی بیان خواهد شد تغییرات شتابان اقلیمی اثرات زیانباری بر باروری منابع اراضی دارد. این پدیده، همراه با مدیریت نامناسب کاربری اراضی، تخریب خاک و بایان‌زایی را در جهان دامن خواهد شد. در شکل ۲ میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف جهان در مواجهه با پدیده تغییر اقلیم و به تعاقب آن تخریب اراضی، نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل پیداست بیشتر مناطق آسیب‌پذیر جهان در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم است. در اجلاس تغییرات اقلیمی کپنهاگ در دسامبر ۲۰۰۹ اخطار شد که پیش‌بینی می‌شود با تغییر اقلیم و گرم شدن زمین تا سال۲۰۲۰ میلادی در آسیای مرکزی و خاورمیانه بین ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش در تولید محصولات کشاورزی در اثر پیامدهای تغییرات اقلیم به‌وجود خواهد آمد.



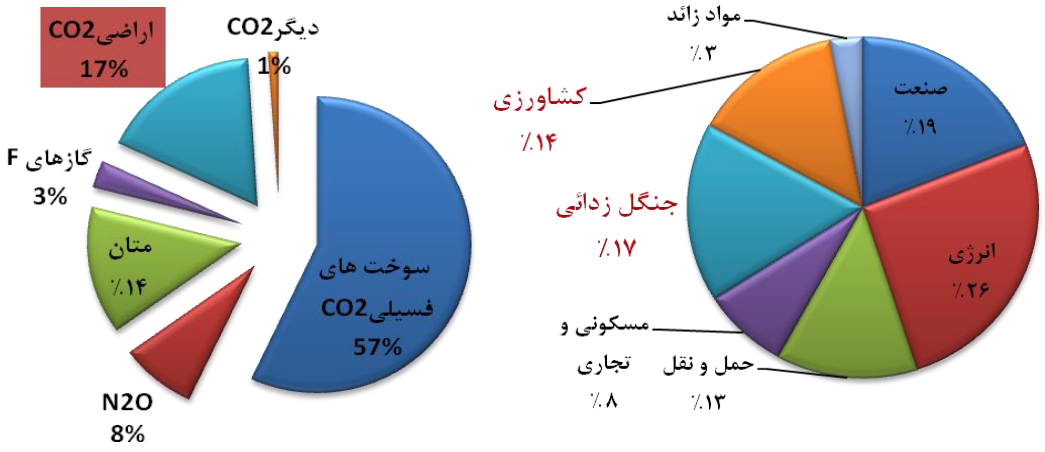
شکل۲- نقشه جهانی آسیب‌پذیری یا استعداد تخریب اراضی و بیابانزائی (USDA-NRCS، ۲۰۰۳)

به باور اغلب کارشناسان، با توجه به روند شتابان تغییر اقلیم در ایران، که فعالیت‌های انسانی بر شدت آن می‌افزایند، که اگر برنامه‌های مدون و جامعی برای مواجهه با این پدیده طرح‌ریزی نشوند، در نهایت تا اواسط قرن میلادی، بخش وسیعی از ایران، عملاً غیر قابل سکونت خواهد شد

اثرات متقابل تخریب اراضی و تغییرات اقلیمی

دو چالش جهانی تغییرات اقلیمی (گرمایش جهانی) و تخریب خاک و بیابان‌زایی آن‌قدر با هم مرتبط هستند که نمی‌توان یکی را بر دیگری غالب دانست و یا یکی را مسبب دیگری قلمداد کرد.

ولی پیامدهای مخرب ناشی از این دو پدیده، جامعه جهانی را بر آن داشت تا سه کنوانسیون جهانی تغییرات اقلیمی، تنوع زیستی و مقابله با بیابان‌زایی شکل دهد. شعار سال ۲۰۱۲ روز مبارزه با بیابانزدائی‌این عبارت بود "پایداری زندگی شما در گرو خاک سالم است: بیائید تخریب سرزمین را به حد صفر برسانیم". درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای به تفکیک نوع گاز و نوع فعالیت در نمودارهای شکل ۳ آورده شده است. بر این اساس دی‌اکسیدکربن بالاترین میزان انتشار را در بین گازهای گلخانه‌ای دارد و بخش تامین انرژی بالاترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارد. مجموع سهم انتشار بخش جنگل و کشاورزی ۳۱درصد از مجموع انتشار می‌باشد. اراضی کره زمین با تصاعد ۳۴درصد گازهای گلخانه ای، یک سوم گرمایش زمین را سبب شده اند. این در حالی است که در دهه ۹۰، این سهم ۱۵درصد بود (FAO، ۲۰۱۰).



شکل ۳- سهم گازهای مختلف (نمودار چپ) و منابع مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای (نمودار راست) در جهان

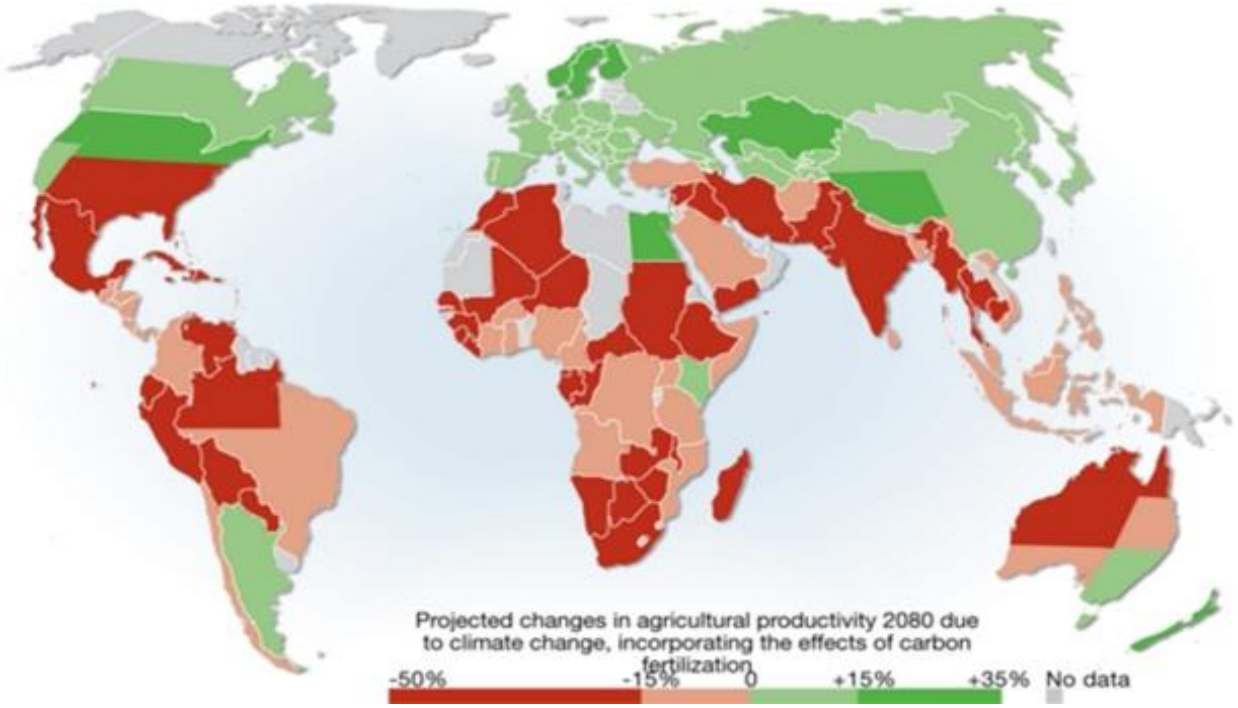
(IPCC assessment repots 4 (2007))

مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که در طول ۱۰۰۰۰ سال گذشته که فعالیت‌های کشاورزی جریان داشته است، هر ساله به‌طور متوسط ۲۵/۳ میلیون تن از مخزن کربن آلی اراضی تلف شده که در ۳۰۰ سال اخیر این مقدار ۳۰۰ میلیون تن در سال بوده، در ۵۰ سال اخیر به ۷۶۰ میلیون تن در سال رسیده است. لذا حدود ۱۶ درصد از ذخیره اولیه کربن آلی خاک تا کنون تخلیه شده است. پیش‌بینی می‌شود که تغییرات اقلیمی باعث گرم‌شدن زمین به میزان ۴/۱ درجه سانتی-گراد در قرن جاری شود (IPCC، ۲۰۱۸). این میزان گرمایش بی‌شک منجر به سرعت گرفتن تجزیه ماده آلی در منابع اراضی و فرار کربن به اتمسفر خواهد شد. این میزان گرمایش بدون شک بیش از نیمی از مخزن کربن اراضی را در کره زمین به جو متصاعد کرده، همین امر گرمایش را تشدید خواهد کرد. بنابراین به‌طور قطع تغییر اقلیم و مخازن کربن آلی خاک‌ها مکانیسم کنترل متقابل را بر روی هم اعمال می‌کنند.

اثرات تغییر اقلیم بر منابع خاک

گرمایش زمین سبب دامن زدن به موضوع خشکسالی و تاثیر در زیست‌بوم‌های کشاورزی خواهد شد. با افزایش دما، تبخیر افزایش خواهد یافت و حتی اگر بارش بیشتر بشود، زمین خشک‌تر خواهد شد. لذا حجم آب‌های سطحی و زیرزمینی که آب مورد نیاز بخش کشاورزی را تامین می‌کنند، تقلیل می‌یابد. دیگر اثر مهم افزایش دما، تسریع فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه و نتیجتاً تسریع در بلوغ و تکامل آن و در نتیجه کاهش عملکرد محصول می‌باشد. شکل ۴ روند تغییرات در عملکرد محصولات زراعی را در اثر افزایش متوسط یک درجه‌ای دما در اثر گرمایش جهانی در

مناطق مختلف جهان نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ایران و بیشتر عرصه‌های نیمه خشک و معتدل جهان در محدوده افت سریع عملکرد قرار دارند



شکل ۴- پیش‌بینی تغییر در تولیدات کشاورزی در سطح دنیا تا ۲۰۸۰ (منبع گزارش IPCC، ۲۰۰۹)

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد به گونه‌ای که در شرایط اقلیمی‌گرمتر، سرعت تجزیه مواد آلی خاک افزایش یافته، سبب ازدیاد واکنش‌های دیگری نیز درآن می‌شود که بر قدرت باروری خاک تاثیرات نامطلوبی به جا خواهد گذاشت. بنابراین نیاز به افزایش مصرف کودهای شیمیایی برای جبران این پدیده و جلوگیری از افت عملکرد محصول، یکی دیگر از عواقب افزایش دما و غلظت گازکربنیک خواهد بود. افزایش مصرف کودهای شیمیایی تاثیر نامطلوبی بر منابع آب و کیفیت هوا دارد. با بالا رفتن میانگین دما، چرخه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بین خاک، گیاه و اتمسفر، سریع‌تر می‌شود. در مناطقی که این شرایط حکم‌فرما باشد، کاهش

رطوبت خاک، موجب کاهش رشد ریشه و تجزیه مواد ارگانیک در آن و تشدید فرسایش بادی خواهد شد. همچنین مناطق حاره بارش‌های موسمی بسیار سنگین و شدید خواهد شد و فرسایش در این مناطق افزوده می‌شود. نکته دیگر آن‌که گرم‌تر شدن اقلیم، منجر به تضعیف پوشش گیاهی شده و از این رهگذر خاک در معرض انواع نیروهای فرساینده نظیر باد و باران قرار گرفته و فرسایش خاک تشدید خواهد شد.

تغییرات اقلیم تاثیرات آن بر منابع خاک اجتناب‌ناپذیر است و شاید چگونگی مدیریت منابع خاک در شرایط تغییرات اقلیم مهم‌تر از چگونگی تاثیر تغییرات اقلیمی بر منابع خاک باشد. تابستان‌های خشک‌تر پیامد قطعی تغییرات اقلیم می‌باشد. این بدان معنی است که در مناطقی که تعادل شکننده‌ای در برابر نیروی عامل فرساینده باد دارند، با خشک‌تر شدن خاک، فرسایش بادی فعال خواهد شد.این امر کیفیت هوا و دید افقی را در طی زمان تقلیل خواهد داد و معضلاتی را برای سلامت آحاد جامعه و زیست‌بوم‌ها ایجاد خواهد کرد.

از سوی دیگر تغییر شکل بارندگی‌ها از برف به باران و تغییر الگوی زمانی توزیع آن به‌ویژه در ایران پدیده فرسایش آبی را تشدید خواهد کرد. پر واضح است که این پدیده تاثیرات مخربی بر منابع اراضی کشور گذاشته، وضع را وخامت بیشتری نسبت به آنچه هست خواهد داد.

خشکسالی‌های ناشی از تغییر اقلیم، علاوه بر افت منابع آب، موجب افزایش میزان آب مورد نیاز گیاه می‌شود. تنش آبی طی دوره گلدهی، گرده‌افشانی و دانه‌بندی، برای اغلب محصولات زراعی بسیار مضر است. افزایش تبخیر از خاک و افزایش تعرق در گیاهان نیز باعث ایجاد تنش آبی خواهد شد. با خشک‌تر شدن شرایط اقلیمی، نیاز آبی برای آبیاری نیز افزون خواهد شد و رقابت میان

مصرف آب برای کشاورزی و تامین آب شرب، تشدید می‌شود. سطح سفره های آب زیرزمینی پایین رفته و هزینه عملیات آبیاری، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، با افزایش همراه خواهد بود. .

اثرات تغییر اقلیم بر تخریب باروری خاک

تخریب کارکردهای پتانسیل خاک یک جنبه بسیار مهم و کلیدی در بیابانزایی است. بخش مهمی از این کارکردها تحت تعریف باروری خاک شناخته شده است. این کارکردهای خاک در بوم‌سازگان و نیز کارکردهای آن در ارائه خدمات به نوع بشر شامل موارد زیر است.

a- تولید بیوماس، انرژی (تجدید ناپذیر)، غذا و مواد خام و زیستگاه طبیعی

b- محیط بافری، تصفیه کننده، ذخیره کننده و تغییر شکل دهنده برای مواد (آب، آلاینده ها و غیره . . .)

c- زیستگاه طبیعی و ذخیره گاه ژنتیکی برای گونه‌های گیاهی و جانوری موجود در سطح و زیر سطح خاک

d- منبع مواد نظیر آب، کانی ها و شن و غیره

e- محیط فیزیکی برای فعالیت‌های بشر و بخشی از منظر طبیعی

براساس پیش‌بینی‌های انجام شده به‌وسیله پژوهشگران، در نتیجهٔ تغییراتی که در اقلیم جهانی به وقوع خواهد پیوست، مناطق نیمه خشک به سوی خشکی و تخریب باروری منابع خاک هدایت می‌شود (شکل ۵). بدیهی است، وقوع این پدیده، اثرات مخربی بر محیط زیست و بخش کشاورزی و جنگل دراین مناطق خواهد داشت. با توجه به تفوق قابل پیش‌بینی تبخیر و تعرق بر

بارش ناشی از گرمایش زمین، پدیده بیابان‌زائی و تخریب باروری خاک در این مناطق گسترش خواهد یافت. چرا که طبق مطالعات انجام شده، احتمال وقوع تخریب خاک در مناطقی که تبخیر و تعرق بیش از ۷۰ درصد بارش باشد، بسیار زیاد است. این پدیده منجر به تشدید تغییرات اقلیمی می‌شود. همچنین تغییر در کاربری اراضی می‌تواند موجب ایجاد تغییرات سطحی در پوشش گیاهی شده که این پدیده موجب ایجاد تغییر در بازتابش نور و تغییرات دمایی شده و در کوتاه مدت موجب کاهش رطوبت سطحی خاک و در بلندمدت موجب تغییر در بافت خاک و کاهش ذخیره کربن اراضی و همچنین افزایش انتشار دی‌اکسید کربن، N_2O و متان شود.

شکل ۵- سیمایی از تاثیر تغییرات اقلیمی بر تخریب خاک، تخریب کامل سرزمینی (بالا) و خشکی خاک تشکیل کراست (پایین)

اثرات تغییر اقلیم بر مناطق نیمه‌خشک کشور ایران، نسبت به مناطق خشک بسیار بیشتر است. کشاورزی و عرصه های طبیعی در این مناطق، نسبت به تغییرات اقلیمی آسیب‌پذیری بیشتری خواهند داشت. تغییرات اقلیمی، تغییراتی در محتوا و ترکیب بسیاری ازجوامع گیاهی کشور به‌وجود خواهد آورد.

بررسی‌ها در ایران نشان می‌دهد که نقش تغییرات اقلیم در تخریب اراضی و گسترش بیابان‌زایی در کشور به شدت مشهود است. تغییر وضعیت اقلیمی منطقه بین‌النهرین و فلات داخلی ایران، منجر به تخریب باروری خاک شده و شرایطی را دیکته کرده که منجر به تفکیک و خیزش خاک و از جایگاه طبیعی خود شده است. این پدیده باعث تشدید وقوع پدیده ریزگرد و افزایش روزهای گرد و خاک در کلیه عرصه جغرافیای ایران و به‌ویژه در جنوب و غرب آن شده است.

مخازن کربن آلی خاک و تغییرات اقلیمی

امروزه افزایش کربن خاک از اهمیت زیادی برخوردار است و کشورهای جهان برای اینکه به توافقات اقلیمی متعهد بمانند، باید این موضوع را در دستور کار خود قرار دهند. چراکه، مخزن کربن آلی خاک به شدت بر ساختار و کارکرد زیست‌بوم‌ها اثر گذاشته و به‌عنوان یک تنظیم‌کننده در تغییرات جهانی اقلیم اثر می‌گذارد. گیاهان دی‌اکسید کربن هوا را می‌گیرند و حدود یک‌سوم دی‌اکسید کربن را مصرف کرده و تقریباً ۱۰ تا ۱۵ درصد آن را به خاک منتقل می‌کنند. کربن از اجزای ضروری برای باروری خاک و کشاورزی به‌حساب می‌آید. کربن آلی خاک شاخص کلیدی کیفیت خاک و تنهی جزء فیزیکی خاک است که متاثر از مدیریت کاربری و مدیریت زراعی است. مواد آلی یا کربن آلی خاک کارکردهای زیر را در خاک دارد.

۱- منبع تأمین کربن و انرژی ریزجانداران خاک است

۲- نگهدارنده و ثبات دهنده ذرات خاک به یکدیگر، (کاهش طریق اثرات زیانبار فرسایش)

۳- بهبود توانایی خاک در ذخیره و انتقال آب و هوا

۴- ذخیره کننده و تأمین کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و جانداران خاک

۵- نگه داری مواد غذایی خاک از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی خاک

۶- بهبود فیزیک خاک از طریق کنترل شدت تراکم وفشردگی و کاهش چسبندگی خاک و در نتیجه سهولت کار روی خاک

۷- ایجاد محیط بافری برای کنترل اثرات محیطی مخرب آفت‌کش‌ها، فلزات سنگین و بسیاری از آلاینده‌های دیگر و حتی کنترل شدت اثر بیماری‌های گیاهی (این مهم از طریق رقابت بین ریزجانداران مفید خاک با عوامل بیماری زا صورت می‌گیرد)

۸- کاهش دهنده سله و روانآب و فرسایش و بهبود نفوذ پذیری خاک و ریشه

۹- ارتقاء تنوع زیستی و بیوماس میکروبی خاک

۱۰- و در نهایت افزایش کارایی کودهای شیمیای

امروزه در متون علمی خاکشناسی واژه کربن آلی خاک به‌عنوان ترجمان وضعیت مواد آلی خاک در اکوسیستم شناخته می‌شود. کربن آلی خاک، مهمترین منبع کربن خشکی است که به‌عنوان منبع انتشار یا ترسیب کربن، بر غلطت گاز کربنیک اتمسفر موثر است. تخمین زده می‌شود که تغییرات اقلیمی بر کربن آلی خاک به‌عنوان شاخص کلیدی از وضعیت مواد آلی در خاک نیز اثر

خواهد داشت، زیرا تغییر درجه حرارت و رطوبت خاک باعث افزایش سرعت تجزیه ماده آلی خاک و فرار کربن به اتمسفر می‌شود

بیابان‌زایی (به معنی تخریب باروری و کیفیت خاک)، تغییرات اقلیمی و هدررفت انباشته مواد آلی خاک، رابطه نزدیکی با یکدیگر داشته، به‌طوری‌که چرخه‌ی بین این سه، از بیابان‌زایی شروع شده و منجر به هدر رفت مواد آلی خاک می‌شود. تغییرات اقلیمی روند بیابانی شدن را تشدید کرده، مجدداً این چرخه تکرار خواهد گشت. اما از سوی دیگر، با اعمال شیوه‌های مدیریت اراضی در عرصه اکوسیستم‌های طبیعی، کربن اتمسفری از طریق ذخیره شدن در بیوماس گیاهی و مواد آلی خاک ترسیب می‌شود.

تخریب مخازن کربن آلی خاک

زمین به‌صورت طبیعی دی‌اکسید کربن را از هوا با استفاده از آب دریا، خاک، گیاهان و حتی سنگ‌ها خارج می‌کند یا اصطلاحا آن را ترسیب می‌کند. مقصد نهایی کربن ترسیب یافته خاک است که دوره بازگشت این مخزن کربنی در صورت تثبیت، بین صد تا دویست سال است. مخزن کربن آلی خاک و بیوسفر حدود چهار برابر کل مخزن کربن اتمسفر است. کشاورزی متمرکز، تغییر کاربری اراضی و مدیریت زراعی ناصحیح منجر به تخلیه مخزن کربن آلی انباشته شده در خاک و تصاعد آن به جو شده است. مطالعات و بررسی‌های اتحادیه اروپا نشان می‌دهد که تقلیل ماده آلی خاک‌ها در کشورهای این اتحادیه به‌طور متوسط ۴/۳ تا ۶/۵ میلیارد یورو به این کشورها خسارت

وارد می‌کند. در فاصله سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۵، حدود ۱۸درصد از ماده آلی خاک‌ها به دلیل تغییر کاربری تخلیه و خاک‌ها مستعد تخریب گردیده‌اند (شکل ۶). چالش بزرگ آینده در جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین در اثر تولید گازهای گلخانه‌ای نظیر دی‌اکسیدکربن به علت گسترش فعالیت‌های صنعتی، قطع جنگل‌ها، نابودی مراتع، و سوء مدیریت و تخریب خاک است.

شکل ۶- سیمایی از مدیریت ناصحیح خاک و تاثیر آن بر تخریب مخازن کربن آلی خاک

تقلیل اجتناب‌ناپذیر رطوب خاک و افزایش درجه حرارت آن ناشی از تغییرات اقلیمی، بی‌تردید افزایش سرعت تجزیه مخازن کربن آلی خاک و تصاعد آن‌ها به جو را در پی خواهد داشت. به عبارت دیگر، مخزن کربن آلی خاک به دلیل پویائی بیشتری که نسبت به دیگر مشخصه‌ها و اجزاء خاک دارد، بیش از بقیه دستخوش تخریب ناشی از تغییرات اقلیمی قرار خواهد گرفت. بررسی‌ها در دشت‌سرهای اصلی و مهم زراعی کشورنشان دهنده آن است که اصلی‌ترین اشکال تخریب فیزیکی خاک ناشی از مدیریت انسانی که به شکل نهان و آشکار در عرصه این اراضی غالب است به ترتیب اهمیت عبارتند از: تخریب ساختمان خاک، تشکیل سخت‌لایه سطحی به دلیل لخت بودن خاک در زمان پیک بارش ها، تراکم خاک یا تشکیل کفه شخ، فرسایش در دیمزارهای کم بازده، گسترش تغییر کاربری. به‌علاوه اشکال غالب تخریب شیمیایی در عرصه این اراضی به تریب انهدام ذخایر کربنی به‌ویژه کربن سهل‌الوصول (لابیل) و کربن اجزاء خاکدانه های درشت و به تبع آن روند قهقرایی تنوع زیستی جامعه جانوری و میکروارگانیسم‌های خاک می‌باشد.

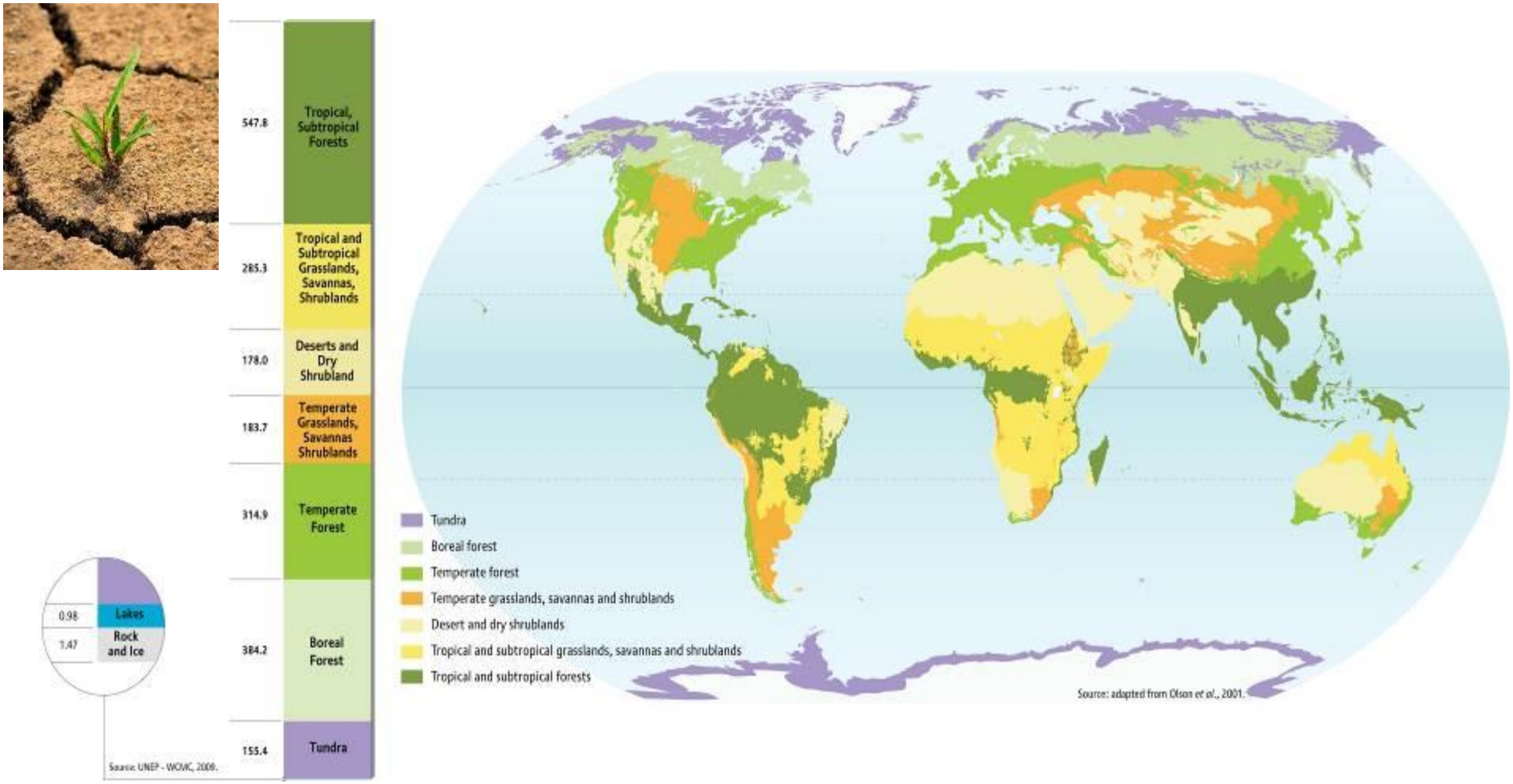
روند کنونی مدیریت حاکم بر عرصه اراضی به‌ویژه در ایران چندان نویدبخش نیست. چراکه، بررسی‌ها نشانگر روند شتابنده بیابان‌زایی و تخریب مخازن کربن آلی خاک‌ها می‌باشد. بررسی‌های علمی نشان از تقلیل پتانسیل تولید و تخریب مخزن کربن خاک در ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی و نیز فرسایش تشدیدی حدود یک میلیارد تن در سال در کشور می‌باشد. همین بررسی‌ها مبین آن است که عامل اصلی این روند به ترتیب مدیریت ناصحیح خاک‌ورزی، کلش سوزانی و تغییر کاربری است. بدون شک اصلاح این روند منجر به انبارش و ترسیب کربنی خواهد شد که ناشی از این مدیریت از عرصه اراضی متصاعد شده و به اتمسفر وارد شده است.

ترسیب کربن اتمسفری در خاک

برای کم کردن غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو، می‌توان آن‌ها را به صورت کربن آلی در خاک ذخیره کرد. یعنی خاک، نقطه هدف بسیار مهمی برای ترسیب کربن و اصلاح پدیده گرمایش زمین می‌باشد. این عمل با مدیریت و کاربری مناسب اراضی امکان‌پذیر می‌باشد. به‌عنوان مثال، انباشته کربن آلی خاک در خاک‌های کشور چین معادل ۱۴۸ پتاگرم برآورد شده است. ظرفیت ترسیب کربن در عرصه اراضی یک ظرفیت اکوکلیمائی خاص برای هر منطقه است که در مناطق مختلف اقلیمی و جغرافیائی جهان متفاوت است (شکل ۷). ترسیب کربن در خاک و افزایش مقدار کربن خاک سراسر دنیا در هر سال به‌اندازه‌ی ۰/۴ درصد می‌تواند باعث ترسیب دی‌اکسید کربن هوا معادل انتشار سوخت‌های فسیلی اتحادیه اروپا شود. در ضمن این روش به افزایش سلامت خاک کمک می‌کند، این افزایش ۰/۴ درصدی کربن خاک در هر سال می‌تواند تاثیر شگرفی در غنی‌تر شدن محصولات کشاورزی داشته باشد.

امروزه مناسب‌ترین گزینه های اقلیمی برای ترسیب کربن مناطق استپی و نیمه استپی و به‌طور کلی مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشند و افزایش میزان بیوماس گیاهان خشبی در این مناطق، به‌دلیل کاهش هزینه ترسیب گاز کربنیک، دارای مزیت فراوان است. این موضوع موجب شده که سازمان‌های بین المللی مانند FAO و UNDP این مناطق را برای اجرای برنامه‌های ترسیب کربن به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای انتخاب نمایند.

کاربری‌های فعال در ترسیب یا تخریب کربن شامل اکوسیستم‌های زراعی، مرتع و جنگل می باشند. شیوه‌های مدیریت زراعی، فرصت‌هایی را برای کاهش و یا افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر ایجاد کرده که کربن اضافی از طریق ذخیره‌سازی در زی‌توده گیاهی و کربن آلی خاک ذخیره می‌شود. در اکوسیستم‌های زراعی، عمدتا رویکرد اصلی به سمت حفظ مخزن کربن موجود و اصلاح نقاط تخریب یافته می‌باشد. به‌علاوه مشخصه‌هائی نظیر ترکیب کشت، نظام کشت و تناوب، سامانه خاک‌ورزی و نوع ادوات مربوطه در طول دوره تناوب، سامانه کوددهی و نیز نحوه مدیریت بقایای محصول، مقادیر مصرف نهاده‌ها و انرژی ماشین، تراکم دام در پس‌چر مزارع و وضعیت فرسایش تشدیدی از جمله عملیات مدیریتی حاکم بر عرصه اراضی زراعی است که بر ذخایر کربنی این اراضی و همچنین تخریب یا ترسیب کربن در عرصه این اراضی می تواند موثر واقع شود. در مطالعه‌ای در آمریکا نشان داده شد که می‌توان در عرصه‌های زراعی با اعمال خاک‌ورزی حفاظتی، بین۳۰ تا ۱۰۵ میلیون تن کربن به ذخیره کربن اراضی افزود. ضمن آن‌که اعمال سامانه تناوبی کشاورزی حفاظتی بین ۱۴ تا ۲۹ میلون‌تن کربن آلی به ذخیره این خاک‌ها اضافه کرده است.



شکل ۷- کمیت کربن آلی ذخیره شده در عرصه زیست بوم‌ها و مناطق مختلف اکوکلیمائی جهان (Olsen و همکاران، ۲۰۰۱)

مولفه‌های مدیریت خاک موثر در ترسیب کربن

مدیریت مناسب بهره‌برداری از خاک به‌ویژه در اراضی زراعی، موجب تداوم ذخیره‌سازی کربن آلی در خاک یا ترسیب کربن در آن می‌شود. اهم عملیات مدیریتی در این راستا، شامل استفاده از ادوات خاک‌ورزی حفاظتی، آیش و تناوب زراعی، مدیریت بقایای گیاهی، کاربرد کودهای سبز و کودهای دامی است.

- ✓ **کوددهی و مدیریت بقایای گیاهی**

افزایش کربن آلی خاک به فرم‌هایی نظیر کود دامی، کود سبز، و بقایای محصولات زراعی در نهایت ضمن ترسیب کربن در خاک سبب توسعه و ایجاد خاکدانه‌های پایدار می‌شوند. استفاده متعادل از کودهای شیمیایی منتج به توسعه بهتر ریشه‌ها می‌شود، ریشه‌های اضافی می‌تواند مقداری کربن در خاک ترسیب نمایند. کاربرد توام کودهای حیوانی و شیمیایی در ترسیب کربن کارآمدتر است. مدیریت بقایای گیاهی و کاه و کلش جزء مهمی از مدیریت مزرعه است که می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای در ذخیره کربن آلی خاک سطحی داشته باشد. یکی از راه‌های ممکن، ارزان و قابل اجرا برای افزایش کربن آلی در اراضی کشاورزی، برگرداندن بقایای محصولات زراعی به خاک است. آتش زدن بقایای گیاهی سبب خروج مقدار زیادی گاز دی‌اکسیدکربن شده و درنهایت، در اتمسفر انباشته می‌شود. خاکستر، حاصل از سوزاندن زیست‌توده یکی از تولیدات مهمی است که غیرفعال بوده، نمی-تواند در فعالیت‌های بیولوژیکی مشارکت کرده و یا به‌عنوان ذخیره کربن آلی تلقی شود. همچنین،

اضافه شدن خاکستر از طریق آتش‌زدن بقایای گیاهی، خاک را شور کرده، در ادامه، باعث کاهش حاصلخیزی خاک شده و امکان افزایش ماده آلی را در خاک محدود می‌سازد.

- ✓ **آیش‌گذاری**

افزایش تعداد آیش‌گذاری معمولا انباشته کربن آلی خاک را افزایش می‌دهد. معمولا، سامانه کشت‌هایی که کربن آلی بیشتری به خاک برمی‌گردانند، کمینه کاهش کربن آلی خاک را نشان می‌دهند.

- ✓ **مدیریت خاک‌ورزی و شخم**

شخم باعث کاهش کربن و نیتروژن آلی خاک در مقایسه با پوشش طبیعی می‌شود. مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک در مقایسه با به‌جا گذاشتن بقایای گیاهی در سطح خاک معمولا مقدار کربن آلی خاک را افزایش می‌دهد. شخم زدن معمولا مقدار اکسیژن هوای خاک را افزایش داده و کربن آلی را در معرض فعالیت میکروبی قرار می‌دهد. بنابراین، بیشتر خاک‌های شخم خورده تلفات بیشتر کربن آلی را نشان می‌دهند. عملیات خاک‌ورزی در سامانه‌های کشاورزی، سبب کاهش کربن آلی خاک می‌شود. قسمت عمده پخش دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت‌های کشاورزی مربوط به خاک-ورزی‌های تشدید شده است. شخم خاک در طی سال‌های متمادی و به میزان زیاد، غالبا ساختمان خاک را ضعیف می‌کند که این عمل با بهم فشردن و شکستن خاکدانه‌ها انجام می‌شود. شخم دائمی در عمق ثابت سبب ایجاد لایه‌های متراکم می‌شود که با گذشت زمان پدیدار می‌شوند. بنابراین، کاربرد ابزار مختلف کشاورزی برای شخم زدن در اعماق مختلف باعث شکستن لایه‌های متراکم شده

احتمالی خواهد شد. در شکل ۸ نمایی از اثر کلش‌سوزانی و خاکورزی نامناسب در تصاعد گازهای کربنی به اتمسفر نشان داده شده است

شکل ۸- نمایی از اثرات خاک‌ورزی نامتناسب و کلش‌سوزانی در تصاعد گازهای کربنی به اتمسفر و تخریب مخزن کربن آلی خاک

برآوردها مبین آن است که با اصلاح نظام خاک‌ورزی به سمت خاک‌ورزی حفاظتی در کشور سالانه می‌توان دست‌کم ۱۸ تا ۲۵ میلیون تن کربن در اراضی زراعی ترسیب کرد. با اعمال کشاورزی حفاظتی این رقم قابل افزایش به ۳۰ میلیون تن در سال می‌باشد. ظرفیت نهایی ترسیب یا انبارش کربن در اراضی زراعی کشور حدود ۳۰۰ میلیون تن است که ارزش افزوده کارکردی برای خاک معادل حدود ۶۰ میلیارد دلار برای خاک‌های کشور صرفا از نظر کربن ایجاد می‌نماید.

✓ **مدیریت تناوب زراعی**

تناوب زراعی مناسب سبب افزایش محصول شده، فرسایش خاک را کاهش و هدایت هیدرولیکی آن را افزایش داده و فعالیت‌های بیولوژیک را نیز بهبود می‌بخشند. همچنین، برقراری تناوب، کیفیت محیط زیست را بالا برده و کارایی مصرف آب را در گیاهان زراعی افزایش می‌دهند. وجود بقولات در تناوب‌ها نیز سبب افزایش میزان مواد آلی، نیتروژن و در مجموع کیفیت خاک‌ها می‌شود. ذخیره کربن آلی خاک را می‌توان با برنامه‌های اصلاح شده تناوب زراعی افزایش داد. در یک برنامه تناوبی صحیح و اصولی باید کمینه یک گیاه از خانواده بقولات (یونجه، شبدر، لوبیا) وجود داشته باشد. وارد کردن گیاهی مانند کلزا در برنامه تناوبی با گندم، به‌دلیل ریشه‌های ضخیم و طویل و نیز پوسیده شدن سریع بقایا و کلش آن، ضمن افزایش حاصلخیزی خاک، منجر به افزایش ذخیره کربن آلی خاک می‌شود. بعضی از گیاهان علوفه‌ای به‌وسیله ساقه و برگ‌های فراوان خود تقریبا سطح خاک را به‌طور کامل پوشانده و خاک را از فرسایش آبی و بادی حفظ می‌کنند.

✓ **کنترل فرسایش و تخریب**

عواملی چون فرسایش و تخریب فیزیکی و شیمیایی خاک باعث هدررفت کربن می‌شوند که هرگونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع از بین رفتن خاک و گیاه شده و منجر به احیاء پوشش گیاهی شود در راستای مدیریت ذخیره کربن و ترسیب کربن در خاک نقش مهمی می‌تواند ایفا کند.

در کاربری مرتع، شاید مهمترین اقدام مدیریتی در راستای ترسیب کربن مدیریت چرای دام

و تعادل بهینه بین ظرفیت چرای مرتع و تعداد دام که از مرتع تعلیف می‌کند باشد. اگرچه کنترل فرسایش و توانبخشی خاک مرتع با عملیات احیایی نظیر کپه‌کاری، بذرپاشی و کودپاشی مرتع، ظرفیت مرتع را در ترسیب کربن می‌تواند تا دو برابر ارتقاء دهد. مهمترین مولفه مدیریتی در کاربری جنگل علاوه بر کنترل چرای دام و همچنین کنترل فرسایش، ممانعت از جنگل‌تراشی و احیاء و توانبخشی جنگل با غنی‌سازی خاک و اعمال عملیات احیایی نظیر کشت و نهال‌کاری گونه‌های جنگلی بومی و سازگار با اکوکلیمای منطقه می‌تواند باشد.

در این راستا در کشور در سطح وسیعی مشتمل بر حدود ۲۰ میلیون هکتار عملیات احیائی و مدیریتی حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شده و یا در دست انجام است. بدون شک این عرصه گسترده ظرفیت بسیار خوبی در ارتقاء انباشته خاک ایجاد کرده است. در یک مطالعه نسبتاً گسترده و در سطح ملی پرویزی و همکاران (۱۳۹۴) تلاش کردند که ظرفیت و کارکرد این عملیات در ترسیب کربن را ارزیابی نمایند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد ظرفیت ترسیب کربن به‌وسیله این عملیات در پهنه جغرافیائی کشور بستگی به شرایط اقلیمی و اکولوژیکی مناطق متفاوت و این عملیات سالانه بین یک تا ۱۱ تن کربن اتمسفری را ترسیب کرده‌اند. از این میزان از ۷۵ تا ۹۸ درصد کربن ترسیبی در خاک انبارش یافته است.

ضرورت‌ها و پیشنهادها

ترسیب کربن اتمسفری در خاک امروزه به شدت مورد توجه است. در نشست اقلیمی پاریس در سال ۲۰۱۵، فرانسه برنامه موسوم «4p1000 initiative» را راه‌اندازی کرد تا با ترویج پژوهش و

فعالیت‌های جهانی، میزان انباشته کربن خاک را هر سال به میزان چهار در هزار یا ۰/۴درصد بخش افزایش دهد. ظرفیت ترسیب کربن در خاک تنهی مولفه خاک است که کاملا متاثر از مدیریت خاک می‌تواند تغییر کند. بررسی‌ها نشان دادند که قابلیت ترسیب کربن در عرصه‌های اقلیمی معتدله بسیار بیشتر از مناطق حاره و زیرحاره آن است. همچنین مشخص شده که کربن آلی خاک نقش موثرتری در ترسیب کربن اتمسفری نسبت به منابع زیست‌توده گیاهی دارد. در نشست تغییرات اقلیمی ۲۰۱۷ در بن آلمان یک سامانه نظارت و پایش برای کنترل کربن خاک در مزارع توام با توانبخشی و احیای مناطق ضعیف برای کشورهای عضو در نظر گرفته شد که در هشت مرحله عملیاتی قابل طرح ریزی و اجراست. این مراحل شامل:

۱. جلوگیری از نابودی کربن خاک
۲. افزایش جذب کربن در خاک (ترسیب کربن)
۳. پایش و بررسی تأثیرات
۴. گسترش تکنولوژی
۵. آزمایش استراتژی‌ها
۶. آموزش و ترویج
۷. هماهنگ‌کردن سیاست‌ها
۸. مکانیزم مالی از طریق تجارت کربن

کلیه دست‌اندرکاران و به‌ویژه بهره‌برداران از عرصه اراضی و کارشناسان باید آگاهی بیشتری نسبت به اهمیت کربن آلی خاک و ظرفیت‌های خودشان برای بهبود کربن در زمین‌های کشاورزی

و عرصه‌های منابع طبیعی اعم از جنگلها و مراتع و حتی عرصه‌های عمومی و شهری پیدا کنند. به‌علاوه چارچوب‌های سیاسی مرتبط با خاک و تغییرات آب‌وهوایی باید با هم هماهنگ شوند. این موضوع شامل سیاست کلی در سطح منطقه‌ای و ملی با رویکرد متوقف کردن تخریب خاک و معکوس کردن این روند در یک دوره زمانی مشخص و نیز همکاری با کنوانسیون سازمان ملل برای مبارزه با بیابان‌زدایی که هدفش تأمین مالی پروژه‌ی تخریب زمین و مدیریت پایدار زمین است. محققین باید کمک کنند تا بهره‌برداران و سیاست‌گزاران، اهداف‌شان در زمینه کربن خاک را به‌صورت یکپارچه در بیاورند. علاوه بر این، استفاده از فرصت‌های همکاری موجود در سطح بین-الملل نیز کمک خواهد کرد تا بتوان ظرفیت‌های موجود برای بهبود انباشته ذخیره کربن خاک در کشور قرار گیرد.

برای اصلاح روش‌های کشاورزی در کشور نیاز به اتخاذ اهداف و سیاست‌هایی است که شاید دهه‌ها طول بکشد. کشاورزان برای تغییر روش خود نیاز به انگیزه دارند، به‌عنوان مثال برای پوشش هزینه‌ها و مشکلات احتمالی می‌توان غرامت‌های مالی برای آن‌ها درنظر گرفت. پژوهشگران هم باید تمرکز بیشتری بر روی اولویت‌های جغرافیایی، فیزیکی و مدیریتی (نظیر نقاط حساس و عرصه‌های بحرانی) از نظر تمرکز تحقیق و پژوهش داشته باشند

برخی دیگر از اقداماتی که می‌تواند قدمهای مفیدی در راستای ضرورت ارتقاء ترسیب کربن در خاک و به تبع آن اصلاح روند تغییرات اقلیمی مفید واقع شود عبارت از موارد پیشنهادی زیر می‌تواند باشد

۱. اعمال عملیات احیایی و آبخیزداری در گستره منابع طبیعی کشور به‌ویژه با رویکرد

بیولوژیکی و بیومکانیکی قادر است ظرفیت بسیار خوب و غیرمنتظره‌ای در ترسیب کربن دارد. بررسی‌ها نشان داده عملیاتی که با ظرفیت بومی و با استفاده از روش‌ها و فنون سنتی انجام می‌شود، به دلیل پشتوانه فن‌آوری و دانش بومی، قادر است ظرفیت ترسیب کربن را تا دو برابر شیوه‌های نوین افزایش دهد (پرویزی و همکاران ۱۳۹۴)

۲. سیاست‌گذاران باید ترسیب کربن در خاک خاک را در طرح‌های تجاری کاهش گازهای گلخانه‌ای و مالیات کربن قرار دهند.

۳. ایجاد تسهیلاتی نظیر یارانه به کشاورزانی که در راستای بهبود مدیریت خاک با رویکرد ترسیب کربن اقدام میکنند نظیر یارانه کشاورزی حفاظتی، صدور کارت اعتباری کربن، ایجاد صندوق‌های اعتباری با عنوان و راهبرد ترسیب کربن در عرصه اراضی.

۴. بیمه محصولات کشاورزی و سایر خدمات می‌تواند به کشاورزانی که انباشته کربن آلی خاک را بهبود داده‌اند، کمک مالی کند.

۵. ایجاد پلتفرم آنلاین، باز و جهانی با هدف اشتراک اطلاعات ذخایر کربن خاک در سطح منطقه‌ای و جهانی

۶. توسعه ترویج و آموزش بهره‌برداران با رویکرد ترسیب کربن

منابع

۱. پرویزی، ی. ۱۳۹۴. گزارش نهایی طرح‌های تحقیقاتی ارزیابی عملیات احیایی و آبخیزداری در ترسیب کربن اتمسفری و اصلاح تغییرات اقلیمی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

2. Chen, X. and K.K. Tung. (2018). Nature. 559: 387–391
3. FAO Corporate Document Repository. 2006. Carbon sequestration in dryland soils. http://www.fao.org /docrep/007/y5738e/y5738e05.htm#TopOfPage
4. FAO, 2010. Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems, FAO, Rome.

1. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC .2018. Global warming of 1.5°C. Summary of Policymakers. https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf
2. IPCC Assessment Report 4 (2007) Summary of Policymakers.
3. IPCC. 2009. Report of the 31ST session of the IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets /uploads/2018/05/final_report_31.pdf
4. Kotschi, J. and K.S. Muller. 2004. The Role of Organic Agriculture in Mitigation Climate change: A Scoping Study, IFOAM
5. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma 123: 1 –22
6. Lal, R. 2008. The Role of Soil OrganicMatter in the Global Carbon Cycle. Soil and Environ. Pollut. 116, 353–36
7. http://www.greenpeace.org/~climate
8. http://www.cast-science.org/cast/src/cast_top.htm
9. http://www.colorado.edu/hazards
10. http://www.zianet.com/irc1/bordline
11. http://www.grida.no/_res/site/file/publications/FoodCrisis
12. Rumpel C., F. Amiraslani, L. Koutika, P. Smith, D. Whitehead and E. Wollenberg. 2018. Put more carbon in soils to meet Paris climate pledges. Nature, 564: 32-36.
13. World Bank Regional Groupimg of Countries. 2009. Climate Change Impact on Agriculture and Costs of Adaptation. IFPRI. Washington, D.C.
14. U.S. Department of Energy (DOE). 2019. Scripps institution of oceaneology. https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/
15. USDA-NRCS. 2003. Soil map and soil climate map, USDA-NRCS, Soil Science Division, World Soil Resources, Washington D.C.

Abstract

Land degradation and global warming or climate change are major challenges for the future of development in the world, especially in arid and semi-arid regions such as Iran. These two global dilemmas are a product of land use change and land mismanagement. Applying these managements, while destroying soil productivity, has led to the emmision of its carbon reservoirs into the atmosphere and accelerated climate change through intensifying greenhouse effects. The decline in soil production capacity is due to the fact that soil biomass, especially in arid and semi-arid regions, is extremely fragile to inappropriate management and land uses. These ecosystems also respond strongly and rapidly to climatic disturbances. The effects of climate change and soil degradation phenomena are numerous and widespread. These include: reduction in the quantity and quality of soil and land resources, reduced production sustainability and quality of biomass resources, air pollution, soil and water and environmental problems. An increase in unexpected natural events such as drought or hurricane and floods and extinction of numerous plant and animal species. The real contribution of the country's lands to global warming is not entirely clear. On the other hand, the contribution of the global warming process to the traps and concealed fertility degradation of soil resources is not well understood. It is also unknown to most landowners that the key contribution that soil can have to mitigate climate change through the sequestration of atmospheric carbon. In this article, we will try to review the effects of degradation of soil organic carbon accumulation or carbon sequestration on climate change phenomenon and vice versa while reviewing global warming and climate change. In addition, the impacts of human management on these processes will be examined.

Keywords: Global warming, soil quality, desertification, soil degradation, carbon sequestration

Ministry of Agriculture Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Title: Soil organic carbon stock management, key to adapting to global warming or climate change

Author: Yahya Parvizi

Editor: Amir Sarreshtehdari

Document Formatting: Akbar Hosseini-Rashid

Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.

Circulation: 10 Copies

Date of Print: 2021

This scientific work has been registered with the series number of **56227** at the date of **2019-09-29** in the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No part of this publication may reproduced or translated without the original reference.

Ministry of Agriculture Jahad

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)

Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI)

Technical Report:

Soil organic carbon stock management, key to adapting to global warming or climate change

Author:

Yahya Parvizi

Series Number:

56227

Minstry of Agriculture - Jahad
Agriculture Research, Education and Extention Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Technical Report

Soil organic carbon stock management, key to adapting to global warming or climate change

Series Number: 56227

2022