

۱-۵- تعریف مدیریت پایدار خاک

در این دستورالعمل مدیریت پایدار خاک بر اساس اصل سوم در منشور جهانی خاک بازنگری شده به قرار ذیل تعریف شده است.

مدیریت خاک زمانی پایدار می باشد که خدمات ارائه شده توسط خاک از قبیل: خدمات حمایتی، تامینی، تنظیمی، و فرهنگی، حفظ یا تقویت شوند، بدون اینکه ضعف قابل توجهی در هیچکدام از وظایف خاک که آن خدمات و تنوع زیستی را ممکن می سازند بوجود آید.

ایجاد تعادل بین خدمات حمایتی و تامین کنندگی خاک برای تولید گیاهان و خدمات تنظیمی آن برای فراهم نمودن آب با کیفیت و قابل دسترس، همچنین تعدیل ترکیب گازهای گلخانه ای نیوار(جو) از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

انواع خدمات زیست بومی و عملکردهای خاک که در تعریف فوق اشاره شد را می توان به قرار ذیل تعریف نمود:

- خدمات حمایتی به طور عمده عبارتند از: تولید محصول، چرخش عناصر غذایی، و تشکیل خاک.
- خدمات تامین کنندگی شامل: تامین غذا، پوشاک، سوخت، چوب، و آب، همچنین مواد خام(معدنی) زمین، پایداری سطح زمین، و نیز سرپناه موجودات زنده، و مخزن ذخایر ژنتیکی می باشند.
- خدمات تنظیمی به جنبه هایی نظیر فراهم نمودن آب و کیفیت آن، دفن کربن، تنظیم هوا، کنترل سیل ها، و فرسایش اشاره دارد.
- خدمات فرهنگی اشاره به فوائد فرهنگی و زیبایی شناختی ناشی از استفاده از خاک دارد.

مدیریت پایدار خاک وابسته به مشخصات ذیل می باشد.

- ۱- حداقل مقادیر فرسایش آبی و بادی.
- ۲- ساختمان خاک تخریب نشده است (مثلا از طریق تراکم خاک)، و زمینه مناسب فیزیکی برای حرکت هوا، آب و حرارت همچنین رشد ریشه وجود دارد.
- ۳- پوشش سطحی کافی (گیاهان زنده، بقایای گیاهی، و غیره) برای حفاظت از خاک وجود دارد.
- ۴- ذخیره کربن آلی خاک ثابت یا در حال افزایش بوده و مقدار ایده آل آن نزدیک به سطح بهینه ممکن در محل می باشد.

- ۵- قابلیت دسترسی و چرخش عناصر غذایی برای حفظ یا بهبود حاصلخیزی و باروری خاک و همچنین کاهش تلفات این عناصر و جلوگیری از ورود آنها در محیط زیست در حد مناسبی می باشد.
- ۶- شور شدن، سدیمی شدن و قلیایی شدن خاک حداقل می باشد.
- ۷- آب (نزولات جوی و منبع آب تکمیلی مانند آبیاری) به میزان کافی در خاک نفوذ کرده و برای تامین نیاز گیاهان ذخیره می شود و خروج آب اضافی از محیط را تضمین می نماید.
- ۸- آلاینده‌هایی که باعث صدمه به گیاهان، حیوانات، انسان‌ها و محیط زیست می شوند کمتر از حد سمیت می باشند.
- ۹- تنوع زیستی خاک، زمینه فعالیت‌های کامل زیستی را فراهم می کند.
- ۱۰- سامانه‌های مدیریت خاک برای تولید غذا، خوراک دام، سوخت، چوب، و پوشاک متکی به استفاده بهینه و ایمن از نهاده ها می باشند.
- ۱۱- به دلیل وجود آمایش سرزمین مناسب، مسدود شدن خاک‌ها^۱ (تبدیل محیط‌های خاکی به محیط‌های مسدود شده از قبیل مسکونی، اسفالت، و غیره)، در سطح حداقل می باشد.

¹ Soil Sealing



۲- چالش‌های پیش رو برای دستیابی به مدیریت پایدار خاک

خاک‌ها دارای خواص گوناگون شیمیایی، فیزیکی و زیستی هستند. در نتیجه، واکنش آنها به اقدامات مدیریتی، توانایی آنها در ارائه خدمات زیست‌بومی، همچنین ترمیم‌پذیری آنها پس از دست‌خوردگی، و استعداد آنها در برابر تخریب متفاوت می‌باشد. گزارشات وضعیت منابع خاک جهان، ده تهدید کلیدی در مسیر دستیابی به مدیریت پایدار خاک‌ها را تعیین نموده است. این تهدیدات عبارتند از: فرسایش آبی و بادی، هدررفت کربن آلی خاک، عدم توازن عناصر غذایی، شور شدن، آلودگی خاک، اسیدی شدن، از دست رفتن تنوع زیستی خاک، مسدود شدن خاک با ساختمان و غیره، تراکم خاک، و آب‌ماندگی بر روی خاک. شدت و روند این تهدیدات، بسته به زمینه‌های جغرافیایی متفاوت است، ولی برای دستیابی به مدیریت پایدار خاک لازم است همه آنها مورد توجه قرار گیرند.

مدیریت پایدار خاک باید در توجه به چالش‌های جهانی مشارکت، و در انجام تعهدات بین‌المللی ذیل کمک کند:

- دستور کار ۲۰۳۰ برای توسعه پایدار، که در آن مدیریت پایدار خاک بطور مستقیم یا غیر مستقیم می‌تواند در دستیابی به چندین هدف توافق شده کمک کند.
- چالش زدودن گرسنگی (پایان دادن به گرسنگی و سوء تغذیه و تضمین امنیت غذایی برای جمعیت رو به افزایش).
- سازگاری با تغییر اقلیم و کاهش آن، خصوصا با در نظر گرفتن توافق پاریس تحت چارچوب سازمان ملل برای مقابله با تغییر اقلیم^۱، که در بر گیرنده تعهدی قوی برای توجه ویژه به تغییرات اقلیمی و نقش مهم کشاورزی در این روند می‌باشد.
- تعهد برای مبارزه با بیابانزایی و کاهش اثرات خشک‌سالی، به‌ویژه تلاش برای دستیابی به حداقل تخریب اراضی در جهان با توجه به مزایای بالقوه برای همه، مطابق با آنچه که در آخرین نسخه معاهده مبارزه با بیابانزایی^۲ آمده است.
- اهداف ایچی^۳ که یک دستور کار مهم برای حفظ تنوع زیستی و ارائه خدمات زیست‌بومی است.

¹ UNFCCC-COP21

² UNCCD COP12

³ محل برگزاری معاهده تنوع زیستی Aichi

- تضمین حق زمین‌داری، تحت دستورالعمل‌های اختیاری، مطابق با حکمرانی مسئولانه حق زمین‌داری، شیلات و جنگل‌ها، در راستای تحقق امنیت غذایی ملی^۱.

این مطلب به فرصت‌های بزرگی برای ترویج و توسعه مدیریت پایدار خاک اشاره دارد. با عنایت به مطالب بالا، زمینه فراهم شده برای ترویج مدیریت پایدار خاک، با انجام فعالیت‌های اصلی ذیل تقویت خواهد شد:

- ایجاد یا تقویت سیاست‌های کشاورزی یا زیست‌محیطی حمایت‌کننده مدیریت پایدار خاک. در صورت امکان، سیاست‌های کلان در ترویج مدیریت پایدار خاک باید به سیاست‌های محیط زیستی و کشاورزی متصل گردند، تا از اجرای آنها منافع چندگانه‌ای حاصل شود. در صورتی که چنین سیاست‌هایی موجود باشند، می‌توان به گونه‌ای مناسب و در مسیر توسعه مدیریت پایدار خاک، آنها را مورد بازنگری قرار داد.
- افزایش سرمایه‌گذاری مناسب و ایجاد انگیزه‌های مثبت به منظور تقویت و ترویج مدیریت پایدار خاک. در صورت امکان، باید سرمایه‌گذاری مناسب در مدیریت پایدار خاک، بر اساس اصول سرمایه‌گذاری مناسب در کشاورزی و سامانه‌های غذایی افزایش یابد. می‌توان سازوکار لازم را برای ایجاد انگیزه‌های مثبت در آن دسته از ذینفعانی که با درک ارزش خدمات محیط زیستی، اصول مدیریت پایدار خاک را اجرا می‌کنند، در نظر گرفت.
- ترویج حقوق زمین‌داری مطمئن بر اساس دستورالعمل داوطلبانه حکمرانی مسئولانه در زمین‌داری^۲ وجود یا عدم وجود حقوق مالکیت زمین در منطقه، مدیریت پایدار خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اجازه دسترسی و حقوق مالکیت برای برنامه ریزی بلند مدت توسط بهره‌برداران، در اجرای مناسب مدیریت پایدار خاک از جمله عوامل مهم می‌باشد.
- تقویت و تشدید تحقیقات هدفمند خاک. به منظور فعال کردن برنامه‌های تحقیقاتی ملی و مشارکت کنندگان در آنها برای کار با بهره‌برداران از زمین و مشخص کردن محدودیت‌هایی که در مسیر ارائه خدمات زیست بومی خاک با آنها مواجه هستند (مانند باروری خاک)، افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیقات خاک الزامی است.
- ممانعت یا به حداقل رساندن تخریب خاک و بازسازی یا احیای خاک‌های تخریب شده (شامل خاک‌های تخریب شده قدیمی).

¹ Voluntary Guidelines on the responsible Governance of Tenure of land (VGTT)

²

تخریب خاک باید با مدیریت پایدار خاک به حداقل کاهش یابد. خصوصاً از طریق رویکردهای حفاظتی، که موفقیت آنها به اثبات رسیده است. بازسازی و یا ترمیم خاک و بازگرداندن توان بهره وری، باید در اولویت قرار گیرد، خصوصاً در کشاورزی مناسب قدیمی یا سایر روش‌های پر خطر رایج.

- ترویج برنامه‌های آموزشی موثر.
در صورت امکان، آموزش در زمینه خاک (رسمی یا غیر رسمی) باید افزایش یابد. می‌توان با تبیین اهمیت خاک در دوره آموزشی تحصیلات مدرسه و سپس با گسترش آن در دیگر سطوح حرفه‌ای این کار را آغاز کرد. توسعه ظرفیت مدیریت پایدار خاک باید صورت گیرد تا بسیاری از حرفه‌ای‌ها با روش‌ها و ابزارهای جدید وضعیت خود را به روز رسانی کنند.
- اطمینان از ورود کافی مدیریت پایدار خاک در سازمان‌های ترویجی.
سازمان‌های ترویج کشاورزی باید اصول و شیوه‌های مدیریت پایدار خاک را ترویج نمایند.
- ایجاد یا تقویت سامانه‌های اطلاعاتی خاک.
توجه به ماهیت زنده خاک‌ها و ارزیابی وضعیت آنها باید پیش شرط هرگونه مداخله در مدیریت پایدار خاک باشد. داده‌ها و اطلاعات خاک (از جمله دانش بومی) برای درک وضعیت‌های خاک و روند عملکردهای آن، همچنین مداخله‌های هدفمند برای افزایش بهره‌وری ضروری می‌باشند. در صورت امکان، به منظور داشتن ظرفیت‌های نظارتی قابل اطمینان از وضعیت خاک در محل، باید سامانه‌های ملی اطلاعات خاک ایجاد یا تقویت شوند. این سامانه‌ها همچنین ممکن است به سامانه جهانی اطلاعات خاک، که بوسیله نهاد مشارکت جهانی خاک، در حال تقویت و ترویج است کمک نمایند.
- افزایش تعاون و همکاری‌های بین‌المللی در خصوص خاک‌ها
همکاری‌های بین‌المللی در خصوص خاک‌ها باید از طریق مبادله دانش، فن‌آوری و اطلاعات تقویت شود. آرایش‌های متفاوت همکاری‌ها مانند: شمال-جنوب، جنوب-جنوب و سه‌جانبه می‌توانند برای نیل به این اهداف مفید باشند.
- تقویت ارتباطات در مورد اقدامات مدیریت پایدار خاک
به منظور پیگیری تلاش‌های به عمل آمده در سال جهانی خاک (۲۰۱۵)، شیوه‌های مدیریت خاک، با در نظر گرفتن نقش حیاتی آنها در خدمات مهم زیست بومی باید تقویت و ترویج شوند و انتشار یابند.

۳- دستورالعمل‌هایی برای مدیریت پایدار خاک

دستورالعمل‌های فنی برای معرفی تهدیداتی که مانع مدیریت پایدار خاک می‌شوند به شرح ذیل می‌باشند. این دستورالعمل‌ها را نباید تنها روش‌های ممکن در نظر گرفت ولی می‌توان به عنوان منبعی فنی و کارآمد در موارد اساسی و خاص از آنها استفاده نمود. ممکن است بعداً "کتابچه‌های راهنمای فنی ویژه دیگری به عنوان مکمل نیز تهیه شود.

۳-۱- فرسایش حداقلی خاک

بنا به گزارش وضعیت منابع خاک، فرسایش آبی و بادی، بزرگترین تهدید برای خاک‌های جهان و خدمات زیست‌بومی ارائه شده توسط آنها می‌باشند. فرسایش خاک موجب از دست رفتن لایه‌های سطحی می‌گردد که دارای مخزن عناصر غذایی آلی و معدنی در خاک می‌باشند. همچنین با از دست دادن قسمتی و یا تمام افق‌های خاک، با لایه‌های زیر سطحی محدود کننده رشد مواجه شده و نیز شاهد اثرات خارج از منطقه ای، همچون خسارت به زیرساخت‌های خصوصی یا عمومی و کاهش کیفیت آب و افزایش رسوب‌گذاری خواهیم بود. به علاوه، فرسایش خاک توسط فعالیت‌های انسانی تشدید شده و با کاهش گیاه یا پوشش بقایا، خاک‌ورزی یا سایر عملیات مزرعه، و کاهش پایداری خاک، فرسایش توده‌ای خاک و رانش زمین را نیز به همراه خواهد داشت.

- از تغییر کاربری زمین مانند جنگل‌زدایی یا تبدیل نادرست مرتع به مزرعه که موجب از بین رفتن پوشش سطحی و کربن خاک می‌شود باید اجتناب نمود و در مواردی که انجام تغییرات اجتناب ناپذیر است، این امر باید بر اساس برنامه‌ریزی دقیق اجرا گردد.
- پوشش گیاهان در حال رشد یا دیگر بقایای زنده یا غیر زنده که سطح خاک را در برابر فرسایش محافظت می‌کنند باید از طرق ذیل در سطح خاک حفظ شوند:
اجرای تدابیر مناسبی مانند استفاده از خاک‌پوش (مالچ)، خاک‌ورزی حداقل، بی‌خاک‌ورزی و کشت مستقیم، همراه با کاهش استفاده از علف‌کش‌ها، محصولات پوششی، شیوه‌های کشاورزی بوم‌شناختی، کنترل رفت و آمدهای غیر ضروری ماشین‌های سنگین، حفظ مستمر پوشش گیاهی و تناوب زراعی، کشت نواری، جنگل-زراعی، کمربند حفاظتی، و نهایتاً کنترل تعداد دام و شدت چرا، متناسب با توان مراتع موجود.

- فرسایش آبی در اراضی شیب دار یا نسبتاً "پرشیب باید بوسیله کاهش مقدار و سرعت روان آب از طریق کشت ردیفی، کشت روی خطوط تراز، تناوب زراعی، کشت مخلوط، جنگل-زراعی، ایجاد موانع عمود بر شیب (نوارهای علفی، خطوط تراز و سنگ چین)، احداث تراس و حفظ آنها و آبراهه‌های علفی و ایجاد نوارهای حائل گیاهی مهار شود.
- در صورت امکان، حائل‌های ساحلی، نوارهای حائل، تالاب‌ها، سامانه‌های جمع‌آوری آب باران، و محصولات پوششی باید استفاده شوند تا خروج ذرات خاک به همراه عناصر غذایی و آلودگی‌ها از سامانه خاک را کاهش دهند و نهرهای پایین دست را از آسیب دیدن حفظ نمایند. فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، باید با ایجاد پوشش گیاهی (درخت‌ها و درختچه‌ها)، یا مصنوعی (دیوارهای سنگی)، و بادشکن‌ها، به منظور کاهش سرعت باد، به حداقل مقدار ممکن کاهش یابند.

۳-۲- افزایش مقدار مواد آلی خاک

مواد آلی خاک^۱ در فعل و انفعالات خاک و جلوگیری از تخریب آن نقش محوری ایفا می نمایند. خاک‌ها بزرگترین منبع کربن آلی در کره زمین بوده و از طریق ایجاد توازن در انتشار گازهای گلخانه‌ای و دفن کربن، نقش بسزایی در تنظیم گازهای هوا و جلوگیری از تغییر اقلیم دارند. به همین دلیل مواد آلی خاک در سازگاری با تغییر اقلیم و کاهش آن نقش راهبردی داشته و لذا باید مقدار ذخایر جهانی مواد آلی خاک‌ها، تثبیت شوند یا افزایش یابند. تلفات کربن آلی خاک در اثر استفاده نامناسب از زمین یا مدیریت ضعیف خاک یا تولید محصول، می تواند موجب کاهش کیفیت و تخریب ساختمان خاک، ازدیاد فرسایش و همچنین افزایش امکان انتشار کربن در اتمسفر گردد. از طرف دیگر، کاربری مناسب اراضی و مدیریت بهینه خاک می تواند افزایش کربن آلی و بهبود کیفیت خاک را به همراه داشته و تا اندازه ای موجب کاهش انتشار دی اکسید کربن به اتمسفر گردد.

- افزایش تولید زیست توده^۲، از طریق افزایش آب قابل دسترس برای گیاهان با استفاده از روش‌های مختلف (آبیاری قطره‌ای یا میکرو، آبیاری زمان‌بندی شده، پایش رطوبت خاک یا تلفات ناشی از تبخیر و تعرق که موجب افزایش بهره‌وری آب و کاهش میزان فرسایش و شستشوی عناصر غذایی می‌گردد)، استفاده از گیاهان پوششی، کاربرد متعادل کودها و استفاده موثر از مکمل‌های آلی، افزایش بقایای گیاهی، ترویج جنگل-زراعی و کشت کوچه‌ای، و احیاء جنگل و جنگل کاری.

¹ Soil Organic Matter(SOM)

² Biomass

- حفاظت از خاک‌های غنی از کربن، در اراضی دارای خاک‌های آلی^۱، جنگل‌ها، مراتع، و غیره
- افزایش مقدار مواد آلی از طریق شیوه‌هایی همچون مدیریت بقایای گیاهی، چرانیدن احشام بجای درو کردن علوفه، استفاده از روش‌های کشاورزی آلی^۲، اعمال مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و آفات، استفاده از کود حیوانی یا پسماندهای غنی از کربن آلی، استفاده از کمپوست و بکار بردن خاک‌پوش‌ها یا فراهم کردن پوشش دائمی برای خاک.
- خودداری از آتش زدن بقایای گیاهی، بجز در مواردی که آتش زدن جزئی از مدیریت زمین در نظر گرفته شده باشد، که در چنین مواردی زمان‌بندی و شدت آتش زدن می‌تواند کمک کند تا کمترین کاهش در عملکردهای خاک ایجاد شود. در مکان‌هایی که آتش سوزی طبیعی رخ می‌دهد، در صورت امکان، باید پس از آتش سوزی، به منظور کاهش فرسایش و احیای پوشش گیاهی، یک سری اقدامات مناسب در نظر گرفته شود.
- استفاده بهینه از همه منابع مواد آلی در دسترس، از قبیل کود حیوانی و پسماندهای انسانی که بصورت مناسب فرآوری شده‌اند.
- اقدامات مدیریتی از قبیل استفاده از محصولات پوششی، گونه‌های گیاهان آیشی اصلاح شده، روش‌های کشت با حداقل شخم یا بی‌خاک‌ورزی، یا حصارهای زنده باید اجرا شوند تا پوشش آلی کافی برای خاک را تضمین کنند.
- کاهش سرعت تجزیه مواد آلی خاک از طریق استفاده از روش‌های شخم حداقل یا بی‌خاک‌ورزی، بدون افزایش استفاده از علف‌کش‌ها، و
- اجرای تناوب زراعی، کشت بقولات (حبوبات)، یا بهبود ترکیب محصولات در تناوب و کشت مخلوط.

۳-۳- تقویت توازن و چرخه‌های عناصر غذایی در خاک

مفاهیمی چون کارایی و راندمان مصرف به طور خاص در مورد پویایی عناصر غذایی در زنجیره به‌هم پیوسته خاک-آب-عناصر غذایی-ریشه گیاه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. تغذیه گیاه باید بر اساس نیازهای محصول، شرایط و خصوصیات خاک محل و الگوهای آب و هوایی انجام شود. تغذیه گیاه می‌تواند از طریق بازچرخانی عناصر غذایی یا افزودن کودهای شیمیایی، آلی و سایر مواد اصلاح کننده خاک که شامل منابع اولیه خام (سنگ

¹ Peat lands

² Organic Agriculture

فسفات)، و منابع فرآوری شده ثانویه (فسفر لجن فاضلاب)، بهبود یابد. تعیین یک سامانه و رهیافت مناسب مدیریت تغذیه گیاه همراه با ارزیابی تناسب اراضی برای یک کاربری مشخص، نقش تعیین کننده ای دارند.

فواید تامین کافی و متوازن عناصر غذایی برای برآورده نمودن نیاز گیاه به خوبی تبیین شده و شامل موارد ذیل می باشند:

تولید غذا، خوراک دام، پوشاک، چوب، و سوخت در سطح بهینه یک محیط جغرافیایی خاص یا نزدیک به آن، کاهش نیاز به اقدامات کنترل آفات، کمتر شدن کاربرد خارجی مواد مکمل آلی و غیر آلی، و کودهای معدنی، کاهش آلودگی ناشی از استفاده نامناسب از مواد شیمیایی کشاورزی، و افزایش دفن کربن خاک از طریق تولید زیست توده و بازگرداندن به خاک.

فقدان عناصر غذایی اصلی موجب رشد کم گیاه و کاهش عملکرد و ارزش غذایی محصول می گردد. نتایج وجود عناصر غذایی اضافی در خاک عبارتند از: الف- تلفات عناصر غذایی اضافی (مخصوصاً "نیتروژن و فسفر) از مزارع کشاورزی، باعث افزایش مواد معدنی در آب و تخریب کیفیت آن و زیست بومهای خاکی و آبی می شود.

ب- افزایش آزادسازی گاز گلخانه ای اکسید نیترات از خاک به اتمسفر، پ- شستشوی شکل متحرک نیتروژن و ورود آن به آب مصرفی، با تاثیرات بالقوه بر سلامت انسان، و ج- به بار نشستن محصول.

- حاصلخیزی طبیعی خاک و چرخه طبیعی عناصر غذایی آن باید از طریق حفظ و افزایش مواد آلی خاک حفاظت و بهبود یابند. بهبود حاصلخیزی خاک از طریق شیوه های حفاظتی خاک از قبیل استفاده از تناوب زراعی با خانواده بقولات، کودهای حیوانی و کودهای سبز، و محصولات پوششی در ترکیب با کاهش یا حذف عملیات شخم با توجه به کاهش کاربرد علف کش ها، همچنین جنگل-زراعی امکانپذیر می باشد. چرخه عناصر غذایی در سامانه های تلفیقی، نظیر سامانه های کشاورزی-دامداری، یا کشاورزی-دامداری- جنگلداری، به بهترین وجه مدیریت می شوند.
- راندمان مصرف عناصر غذایی بوسیله اتخاذ تدابیری همچون کاربرد مواد مکمل آلی و غیر آلی بصورت متوازن و سازگار با شرایط خاک (به ترتیب کمپوست و عوامل آهکی) و یا تولیدات ابتکاری (کودهای کند رها و کنترل شده در آزادسازی عناصر)، همچنین بازچرخانی و استفاده مجدد از عناصر غذایی باید به حد بهینه ارتقاء یابند.

- روش‌های کاربرد کودها، انواع، مقدار و زمان مصرف آنها باید با رویکرد کاهش تلفات و افزایش جذب متوازن عناصر غذایی توسط محصول اتخاذ گردد. این امر مستلزم انجام تجزیه خاک و گیاه بوده و بجای فعالیتی کوتاه مدت، مستلزم تلاشی طولانی مدت است.
- در برنامه ریزی حاصلخیزی خاک، افزایش عناصر ریزمغذی خاک نیز باید مد نظر قرار گیرد.
- منابع قابل مصرف عناصر غذایی گیاه باید مورد استفاده قرار گیرند، شامل: استفاده دقیق و منطقی از مکمل‌های آلی و معدنی، کودهای غیرآلی و تولیدات زیستی کشاورزی. این مکمل‌ها و تولیدات زیستی شامل کودهای مایع، نیمه جامد یا جامد، بقایای محصول، کمپوست‌ها، کودهای سبز، زباله‌های خانگی، خاکستر حاصل از فرآیند تولید انرژی زیستی، مواد اصلاح کننده خاک و مایه‌های تلقیح می باشند. کاهش سایر عوامل محدود کننده (مانند کمبود آب) برای افزایش راندمان این اقدامات، ضروری است. استفاده بی خطر مواد اصلاح کننده خاک، از نظر سطوح قابل تحمل آلودگی و آلاینده‌ها و سلامت کارگران، باید تضمین شده باشد.
- آزمایش خاک و بافت گیاه و ارزیابی مزرعه باید مد نظر بوده و انجام شود. این کار، دستورالعمل‌های با ارزشی را در تشخیص و اصلاح عوامل محدود کننده در تولید محصول در ارتباط با تغذیه گیاه، شوری، سدیمی، و وضعیت‌های افراطی واکنش شیمیایی خاک فراهم می‌نماید. این دستورالعمل‌ها کلیدی برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه و انجام نظارت بر روند پیشرفت کار است.
- در صورت امکان، حرکت و چرای احشام باید به گونه‌ای مدیریت شود که در طی آن حد مطلوبی از فضولات دامی در منطقه برجای گذاشته شود.
- بهره‌وری بهینه از عناصر غذایی استفاده شده در خاک‌های اسیدی مستلزم بکار بردن عوامل آهکی در این قبیل خاک‌هاست، حال آنکه بکار بردن مکمل‌های آلی از قبیل کمپوست، همچنین مدیریت مناسب خاک-محصول برای خاک‌های قلیایی و سایر خاک‌ها باید مد نظر قرار گیرد، و
- منابع کودهای معدنی طبیعی مانند سنگ فسفات یا پتاس باید به صورت کارآ و راهبردی تخصیص داده شوند تا دسترسی به آنها در مقادیر کافی برای نسل‌های آینده تضمین شود.

۳-۴- پیشگیری، به حد اقل رساندن و کاهش شور و قلیایی شدن خاک

شور شدن عبارتست از تجمع نمک‌های محلول در آب مانند سدیم، منیزیم و کلسیم در خاک. این پدیده در اثر فرایندهای تبخیر و تعرق زیاد، نفوذ آب دریا در زمین و فعالیت‌های انسانی (مانند آبیاری نامناسب) اتفاق

می‌افتد. شور شدن موجب کاهش تولید محصول شده و در صورت بیشتر شدن مقدار آن از حد بحرانی، توقف کامل تولید را به همراه خواهد داشت.

- به منظور کاهش تلفات آب ناشی از تبخیر، باید سطح خاک دارای پوشش مناسب باشد.
- بهره‌وری آب آبیاری باید از طریق روش‌های پیشرفته انتقال، توزیع، و کاربرد مزرعه‌ای آب افزایش یابد. روش‌های کاربردی باید در مزرعه مورد استفاده قرار گیرند که با حداقل فشار عمل کرده و آب را مستقیماً به داخل خاک انتقال دهند. به منظور کاهش تلفات ناشی از تبخیر، باید از عرضه آب در مزرعه با روش‌های خودکار و روش پاشش بر روی محصول خود داری شود.
- مدیریت آبیاری باید میزان آب مورد نیاز رشد گیاه و خروج آب اضافی از مزرعه به منظور جلوگیری از شور شدن خاک را تضمین نماید.
- کیفیت آب آبیاری باید مورد آزمایش و پایش قرار گیرد، در صورت امکان، نمک‌زدایی آب باید انجام شود.
- به منظور کنترل سطح آب‌های زیر زمینی و جلوگیری از شور شدن خاک باید سامانه‌های زهکشی سطحی و زیرسطحی ایجاد و نگهداری شوند. طراحی این سامانه‌ها باید بر اساس درک کامل تعادل آبی در این نواحی باشد.
- اگر خاکی قبلاً تخریب شده و پیشگیری یک گزینه نباشد، اصلاح خاک‌های شور با روش‌های گوناگونی از قبیل: شستشوی مستقیم نمک‌ها، کاشت گیاهان مقاوم به شوری، اهلی سازی گیاهان نمک دوست بومی وحشی برای استفاده در سامانه‌های کشاورزی-دامپروری، اصلاح شیمیایی و استفاده از مواد اصلاح کننده آلی قابل دسترس امکان‌پذیر می‌باشد.

۳-۵- پیشگیری و به حداقل رساندن آلودگی خاک

خاک می‌تواند آلاینده‌ها را تصفیه، نگهداری و خنثی کند ولی در صورت تغییر شرایط ممکن است مجدداً آنها را آزاد نماید. (مانند آزاد سازی فلزات سنگین بر اثر کاهش واکنش شیمیایی). بنابراین جلوگیری از آلوده شدن خاک، بهترین راه برای حفظ سلامت خاک و ایمنی غذا مطابق با اهداف توسعه پایدار است.

آلاینده‌ها می‌توانند از منابع مختلفی شامل نهاده‌های کشاورزی، استفاده از محصولات جانبی (پسماندها) در اراضی، رسوبات جوی، سیل و آب آبیاری، نشت‌های تصادفی، مدیریت نامناسب پسماندهای شهری و فاضلاب، و سایر موارد به خاک وارد شوند. انباشت آلاینده‌ها و آلودگی زمانی رخ می‌دهد که میزان افزایش آلاینده بیشتر از

میزان دفع آن از سامانه باشد. آلودگی ممکن است شامل پیامدهای منفی باشد مانند مسمومیت گیاه و متعاقب آن کاهش توان تولید، آلودگی آب و نواحی اطراف از طریق انتقال رسوب، و افزایش احتمال خطر برای سلامت انسان و حیوانات از طریق انباشت در زنجیره غذایی.

- دولت‌ها ترغیب می‌شوند که با تصویب و اجرای مقررات لازم، میزان انباشت آلاینده‌ها را در سطحی کمتر از حدود بحرانی تعیین شده نگه دارند تا سلامت و رفاه انسان را تضمین، و اصلاح خاک‌هایی که میزان آلودگی در آنها از این سطح بیشتر است را تسهیل نمایند.
- مدیریت آلودگی خاک منطقه مستلزم تعیین سطوح اولیه بوسیله آزمایشات، و پایش و ارزیابی سطوح آلودگی برای مشخص کردن محل‌هایی که احتمالاً آلوده شده اند می باشد. ارزیابی مخاطرات شامل: برآورد هزینه کل و پالایش آلودگی هستند که باید به منظور کاهش مخاطرات انسانی و بوم‌شناختی انجام شوند.
- شناسایی خاک‌هایی که مستعدترین شرایط را برای پخش اثرات مضر آلاینده‌ها دارند ضروری است. کاهش بار آلاینده‌ها در این خاک‌ها باید مورد توجه لازم قرار گیرد.
- اطلاعات مربوط به مکان‌های خاک‌های آلوده باید در دسترس عموم مردم قرار گیرد.
- خاک‌های آلوده نباید برای تولید غذا و خوراک دام مورد استفاده قرار گیرند.
- عناصر غذایی بازیافت شده از آب تصفیه شده فاضلاب یا پسماندهای دیگری که به عنوان مواد اصلاح کننده خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید به خوبی فرآوری و آزمایش شوند تا اطمینان حاصل شود که از نظر میزان آلاینده‌ها و عناصر غذایی گیاه کاملاً ایمن باشند. برای نمونه زئوبیوتیک‌های آلی می‌توانند یک تهدید جدی، غیرقابل محاسبه، و برگشت ناپذیر برای حاصلخیزی خاک و سلامت انسان باشند.
- برای جلوگیری از اثرات منفی بر اراضی اطراف، خروجی آب اضافی از شالیزار، پس از کاربرد کودها و آفت‌کش‌ها، باید به حداقل ممکن کاهش یابد.

۳-۶- پیشگیری و به حداقل رساندن اسیدی شدن خاک

اسیدی شدن خاک‌های کشاورزی و جنگلی در اثر عوامل انسانی عمدتاً همراه با حذف کاتیون‌های اصلی و از دست دادن ظرفیت بافری خاک یا افزایش نیتروژن و سولفور از طریق نهاده‌های کشاورزی (نهاده‌های کودی مراتع بقولات، ته نشست‌های جوی). خاک‌های دارای واکنش شیمیایی یا ظرفیت بافری کم و یا محتوی

آلومینیوم زیاد هنگامی غالب هستند که دارای مقدار کمی از کانی‌های قابل هوازدهی می‌باشند (مانند خاک-های باستانی، شدیداً^۱ هوازده، و خاک‌های تکامل یافته از مواد مادری غنی از کوارتز).

- پایش واکنش شیمیایی خاک و به حداقل رساندن فرآیند اسیدی شدن خاک سطحی و زیر سطحی با استفاده از مواد اصلاح کننده مناسب (مانند مواد آهکی، گچ و خاکستر تمیز)
- کاربرد متوازن کودها و مواد اصلاح کننده آلی، و
- استفاده مناسب از انواع کودهای اسیدی کننده در خاک‌های دارای واکنش شیمیایی زیاد.

۳-۷- حفاظت و تقویت تنوع زیستی خاک

خاک‌ها یکی از بزرگترین منابع تنوع زیستی بر روی زمین را در بر دارند، و موجودات زنده خاک نقشی کلیدی در بسیاری از خدمات زیست بومی خاک ایفا می‌نمایند. شناخت اندکی در باره میزان تنوع زیستی مورد نیاز برای تاثیرگذاری بر حفظ فعالیت‌های اصلی خاک وجود دارد، اما ابزارهای جدید برای فنون بیوشیمیایی و تجزیه های دی ان ای^۱، پیشرفت‌های چشم‌گیر در این زمینه را ممکن ساخته است.

- برنامه های پایش تنوع زیستی خاک، شامل شاخص های زیستی (مانند سم شناسی محیط زیستی جامعه) و علائم هشدار دهنده اولیه، باید مورد استفاده قرار گیرند.
- سطوح مواد آلی خاک که تنوع زیستی را حمایت می‌کنند باید از طریق فراهم کردن پوشش گیاهی کافی (محصولات پوششی، محصولات چندگانه)، افزودن عناصر غذایی در حد بهینه، افزودن اصلاح کننده‌های آلی متنوع، حداقل دست‌خوردگی خاک، اجتناب از شور شدن، و حفظ یا ترمیم پوشش گیاهی نظیر پرچین‌ها و کمربندهای سبز حفاظتی، حفظ شوند یا ارتقاء یابند.
- مجاز شدن آفت‌کش‌ها و استفاده از آنها در سامانه‌های کشاورزی باید براساس توصیه‌های مدیریتی ارائه شده در قانون بین المللی مدیریت آفت‌کش‌ها و مقررات ملی مربوطه صورت گیرد. مدیریت تلفیقی یا آلی آفات باید توصیه و تشویق شود.
- استفاده از گونه‌های خانواده بقولات که تثبیت کننده نیتروژن می باشند، مایه تلقیح های میکروبی، مایکوریزها(هاگ‌ها، هیف، و قطعات ریشه)، کرم‌های خاکی و دیگر موجودات ریز، متوسط و درشت خاک(سوسک‌ها) در هر جا که مناسب باشد باید تقویت شوند. البته با توجه به محدود کردن احتمال

¹ DNA

خطر فرآیندهای تهاجمی بوسیله ترویج استفاده از تنوع زیستی محلی و اجتناب از احتمال خطر خدشه دار شدن خدمات خاک.

- ترمیم تنوع زیستی گیاهی در زیست‌بوم‌ها و در نتیجه مناسب سازی تنوع زیستی خاک.
- تناوب زراعی در مزرعه، کشت مخلوط، و حفاظت از حاشیه‌های مزرعه، پرچین‌ها و پناهگاه‌های تنوع زیستی باید تقویت شوند.
- هرگونه تغییر کاربری در مناطقی که دارای تنوع زیستی زیاد هستند، باید تحت برنامه‌های آمایش سرزمین و منطبق بر معاهدات تنوع زیستی^۱ و مبارزه با بیابان‌زایی^۲ سازمان ملل و مطابق با دیگر دستورالعمل‌های بین‌المللی و قوانین ملی مربوطه باشد.

۳-۸- به حداقل رساندن مسدود شدن خاک

تغییر کاربری زمین و در نتیجه مسدود کردن خاک برای سکونت و زیرساخت‌ها، همه خاک‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما نگرانی ویژه مربوط به خاک‌های زراعی بارور، بخاطر اهمیت آنها در تولید غذا و امنیت غذایی و تغذیه، و اهداف اقتصادی غیرمستقیم است. در بسیاری از مکان‌ها، گسترش شهرها بر بارورترین خاک‌های مجاور شهرها و مناطق مسکونی تاثیر می‌گذارد. مسدود کردن خاک و تغییر کاربری اراضی باعث نابودی برگشت‌ناپذیر تمام یا بعضی از عملکردهای خاک و خدمات زیست‌بومی آن می‌گردد.

- با توجه به مجموع ارزش خاک‌ها و برای اطمینان از حفظ خاک‌های زراعی بارور، سیاست‌های موجود، قوانین مربوطه و روش‌های آمایش سرزمین برای توسعه شهرک‌ها و زیرساخت‌ها باید به‌طور مناسب مورد بازنگری قرار گیرند.
- جایی که سیاست و قانون‌گذاری با هدف به حداقل رساندن تغییر کاربری اراضی انجام می‌شود، باید تدابیر در راستای افزایش تراکم و استفاده مجدد از نواحی صنعتی و شهری موجود مانند مناطق متروکه و اراضی موات، و ترمیم اراضی تخریب شده حاشیه‌ای که بعد از اقدامات احیایی مناسب مورد استفاده قرار گرفته‌اند اتخاذ شود. بازسازی بوم‌شناختی معادن متروکه و مکان‌های معدن کاری باید تقویت شود.

¹ United Nations Convention on Biological Diversity (UNCBD)

² United Nations Convention on Combating Desertification (UNCCD)

- خاک‌هایی که دارای خدمات زیست‌بومی چشمگیر همچون ذخیره عظیم کربن، تنوع زیستی زیاد یا تناسب زیاد آنها برای کشاورزی هستند باید بوسیله قانون‌گذاری‌های ویژه از آنها در برابر تغییر کاربری به مناطق مسکونی و تاسیسات زیربنایی حمایت به عمل آید.

۳-۹- پیشگیری و به حداقل رساندن تراکم خاک

تراکم خاک مربوط به تخریب ساختمان خاک به سبب تنش‌های تحمیل شده بوسیله ماشین‌ها و لگدکوبی دام‌ها است. تراکم خاک (کاهش یا مختل شدن پیوستگی خلل و فرج)، با کاهش حجم خلل و فرج بزرگ از طریق تخریب خاکدانه‌ها، تهویه، زهکشی و نفوذپذیری را کاهش داده و روان آب را افزایش می‌دهد. تراکم خاک از طریق افزایش مقاومت مکانیکی باعث محدود شدن رشد ریشه و جوانه زدن بذر، کاهش تنوع زیستی، و سله بستن خاک سطحی می‌شود.

- از تخریب ساختمان خاک به علت شخم نامناسب یا بیش از حد باید جلوگیری شود.
- تردد ماشین‌آلات سنگین، خصوصاً "بر روی خاک‌های لخت، باید از طریق کاهش تعداد و تکرار عملیات، و ایجاد سامانه‌های تردد کنترل شده، در حد ضرورت صورت گیرد و عملیات‌های کشاورزی یا جنگل‌داری، فقط در زمانی که رطوبت خاک در اعماق پایین‌تر مناسب است انجام شود.
- ماشین‌ها و خودروهای سنگین مورد استفاده در مزرعه باید متناسب با مقاومت خاک تنظیم شده، و مجهز به سامانه‌های کنترل فشار تایلر یا سایر وسایل کاهش دهنده فشار بر روی سطح خاک (سطح تماس تایلر) باشند و از استفاده از ماشین‌آلات سنگین خودداری شود. در عملیات جنگل‌داری، تردد ماشین‌آلات باید محدود شود (کنترل تردد) و از علف‌های هرز حصیری برای حفاظت از آسیب‌های فیزیکی خاک در معرض فشار استفاده شود. در خاک‌های کشاورزی، باید کنترل تردها، در صورت امکان خطوط تردد ایجاد شوند.
- سامانه‌های کشت باید طوری انتخاب شوند که از محصولات زراعی، گیاهان علوفه‌ای و در صورت امکان گیاهان جنگل-زراعی با ریشه‌های اصلی قدرتمند (متراکم و لیفی) که توانایی نفوذ و شکستن لایه‌های متراکم خاک را دارا باشند استفاده شود.
- مقدار کافی مواد آلی باید در خاک حفظ شود تا باعث بهبود و تثبیت ساختمان خاک شود.
- فعالیت جانوران بزرگ و میکروب‌های خاک باید وضعیت تخلخل خاک را تقویت نماید تا موجب بهبود تهویه، نفوذ آب، انتقال حرارت و رشد ریشه شود.

- در سامانه‌های چرای دام، باید پوشش کافی گیاهان در حال رشد، برای حفاظت از خاک در برابر لگد مال شدن و فرسایش حفظ شود، مدیریت دام‌داری باید شدت و مدت چرا، نوع حیوانات و تعداد دام را در نظر بگیرد.

۳-۱۰- بهبود مدیریت آب خاک

خاک با مدیریت پایدار دارای نفوذ سریع آب، ذخیره مناسب آب قابل دسترس گیاه، و زهکشی موثر در حالت اشباع می‌باشد. در صورتی که این شرایط موجود نباشند، مشکلات آب ماندگی و کم آبی بروز می‌نماید. از یک طرف آب‌ماندگی که ناشی از اشباع خاک بوسیله آب است مشکلاتی برای رشد ریشه بسیاری از گیاهان ایجاد می‌کند و موجب کاهش محصول، و حتی آلودگی خاک توسط متحرک شدن آرسنیک و متیل جیوه می‌شود. از طرف دیگر، کمبود آب ناشی از هدررفت از طریق تبخیر، روان آب سطحی و نفوذ به اعماق، می‌تواند تولید محصول را با شکست مواجه نماید.

- در نواحی مرطوب که میزان نزولات جوی بیشتر از تبخیر و تعرق است، وجود سامانه‌های زهکشی برای بهبود تهویه خاک، و انجام فعالیت‌های ریشه، مانند جذب عناصر غذایی، مورد نیاز می‌باشد. این موضوع به ویژه در خاک‌های با بافت ریز که ظرفیت نگهداری آب زیادی دارند از اهمیت بیشتری برخوردار است.
- برای کنترل سطح آب زیر زمینی و به منظور کاهش بروز آب‌ماندگی در خاک، باید سامانه‌های زهکشی سطحی و زیر سطحی، ایجاد و نگهداری شوند.
- راندمان مصرف آب آبیاری برای گیاهان، باید از طریق روش‌های پیشرفته انتقال، توزیع و عملیات مزرعه (برنامه زمانی آبیاری قطره ای یا بارانی میکرو) که تلفات آب ناشی از تبخیر و نفوذ به اعماق را کاهش می‌دهند، و همچنین از طریق تخمین بهتر ذخیره آب خاک، انتخاب بهتر گونه‌ها و ارقام گیاهی، و محاسبه بهتر مقدار و مدت دوره های آبیاری افزایش یابد.
- در سامانه‌های کشت دیم، باید اقداماتی برای بهینه سازی راندمان مصرف آب صورت گیرد مانند مدیریت پوشش خاک (بقایای محصولات قبلی، کشت علوفه و آیش) و جمع‌آوری آب باران برای افزایش آب قابل دسترس در خاک هنگام کاشت بذر، کاهش تلفات ناشی از روان آب و تبخیر از سطح خاک، و اطمینان از اینکه آب قابل دسترس به میزان کافی در تمام مراحل رشد گیاه وجود دارد. این اقدامات اغلب با یک سری تبادلات و مخاطراتی درگیر می‌شوند که باید تشخیص داده شده و مدیریت شوند.

- از طریق انتخاب ارقام مناسب محصول و زمان‌بندی دقیق عملیات زراعی، باید استخراج بهینه آب از خاک توسط گیاه تقویت شود.
- پایش منظم کیفیت آب آبیاری از نظر عناصر غذایی و مواد مضر موجود.

