

اهمیت مواد آلی خاک

کلیدی برای ایجاد خاک‌های مقاوم به خشکی

و تولید پایدار غذا

هیات داوران:

دکتر فرشاد کیانی

دکتر واحد بردی شیخ

سرشناسه: بوت، ا. و بنیتس، خ. José Benites, Alexandra Bot

سرشناسه: بات، الکزاندر

Bot, Alexandra

عنوان و پدیدآور: اهمیت مواد آلی خاک، کلیدی برای ایجاد خاک‌های مقاوم به خشکی / حمیدرضا عسگری.

مشخصات نشر: گرگان: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۹۱.

مشخصات ظاهری: ۲۵۷ ص.

شابک: ۶-۶۰-۶۰-۸۹۲۶-۹۶۴-۵۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: خاک - ترکیب آلی

شناسه افزوده: بنیت، ژوزه

شناسه افزوده: عسگری، حمیدرضا، ۱۳۵۲، مترجم

شناسه افزوده: بردی شیخ، واحد

شناسه افزوده: کیانی، فرشاد

شناسه افزوده: خرمالی، فرهاد، ۱۳۵۳، ویراستار

شناسه افزوده: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

رده بندی کنگره: ۱۳۹۱ ب۲/ت۵۹۲/۵۷۵۹۲

رده بندی دیویی: ۴۱/۶۳۱

شماره کتابخانه ملی: ۲۹۲۸۵۷۵

نام کتاب: اهمیت مواد آلی خاک، کلیدی برای ایجاد خاک‌های مقاوم به خشکی

مترجم: دکتر حمیدرضا عسگری

ویراستار علمی: دکتر فرهاد خرمالی

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چاپ و صحافی: چاپ نوروزی

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۱

قیمت: ۷۵۰۰۰ ریال

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

شماره شابک: ۶-۶۰-۶۰-۸۹۲۶-۹۶۴-۵۷۸

مشخصات ظاهری: ۲۵۷ ص

امور توزیع و فروش: گرگان، خیابان شهید بهشتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، مرکز نشر دانشگاه

کد پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸؛ صندوق پستی: ۳۸۶، تلفن و نمابر: ۰۱۷۱-۲۲۲۲۹۲۹

بی‌گمان گسترش مرزهای دانش از رسالت مهم جامعه‌ی دانشگاهی است و نشر دستاوردهای ارزنده در پروراندن درخت تنومند دانش جایگاه ویژه‌ای دارد.

شورای انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بر این باور است که چاپ آثار استادان و پژوهشگران می‌تواند افزون بر گسترش یافته‌های علمی، بستری فرهنگی برای شکوفایی اندیشه و خودباوری فراهم کند.

امید است این کتاب که یکصد و نهمین اثر این مجموعه است بتواند همگام با سایر مراکز علمی کشور گامی موثر در اعتلای علمی فرهیختگان ایران زمین بردارد.

پیشگفتار

خاک سالم شالوده و اساس یک سیستم غذایی به شمار می‌رود. خاک سالم محصول زراعی سالم را تولید می‌نماید که در نتیجه‌ی آن غذای مورد نیاز بشر تأمین می‌گردد. حفظ یک خاک سالم به مراقبت و سعی و تلاش از جانب کشاورزان وابسته است زیرا عملیات زراعی چندان هم عاری از خطر نیست. بر اساس تعریف، عملیات کشاورزی باعث از هم گسیختگی فرآیندهای طبیعی خاک مانند چرخه مواد مغذی، که طی آن مواد مغذی موجود در خاک آزاد شده و ریشه گیاهان قادر به جذب آن خواهند بود، می‌شود.

گیاهان، مواد غذایی را از طریق دو منبع طبیعی یعنی: مواد آلی و معدنی بدست می‌آورند. مواد آلی، هر ماده گیاهی یا جانوری که به خاک اضافه شده و وارد چرخه تجزیه می‌گردد را شامل می‌شود. مواد آلی علاوه بر فراهم نمودن عناصر غذایی و زیستگاه مناسب برای موجودات زنده خاک، باعث پیوند و اتصال ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌ها شده و در نتیجه ظرفیت نگهداری آب خاک را افزایش می‌دهند. مواد آلی ۲ الی ۱۰ درصد اغلب خاک‌ها را تشکیل می‌دهند. به هر حال، مواد آلی خاک حتی در مقادیر ناچیز نیز از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد.

خاک یک اکوسیستم زنده و پویاست. خاک سالم مملو از موجودات بزرگ و ریز است که وظایف بسیار مهمی را به عهده دارند که از آن جمله می‌توان به تبدیل و دگرگونی مواد پوسیده و غیرزنده و همچنین مواد معدنی لازم برای تغذیه گیاه اشاره نمود. موجودات زنده مختلف خاک، از مواد آلی متفاوتی تغذیه می‌کنند. فعالیت زیستی آنها به مقدار مواد آلی خاک بستگی دارد. تبادل مواد مغذی بین مواد آلی، آب و خاک برای حاصلخیزی خاک ضروری است، لذا حفظ آن (تبادل مواد) برای ایجاد فرآیندهای تولید پایدار ضروری می‌باشد. در هر جا که خاک به دلیل تولید مستمر محصولات زراعی و بدون ذخیره‌سازی مجدد مواد آلی و عناصر غذایی و همچنین عدم حفاظت مطلوب از ساختمان خاک، از مواد آلی تهی شود، چرخه مواد غذایی مختل شده، حاصلخیزی خاک تنزل یافته و تعادل و توازن اکوسیستم زراعی از بین می‌رود.

ماده آلی خاک، محصولی است که بر اثر تجزیه زیستی درجای (در همان محل که تجمع یافته‌اند) مواد ایجاد می‌شود و بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و سلامت کلی آن تأثیر می‌گذارد. اجزاء تشکیل دهنده و نرخ تجزیه آن بر ساختمان و تخلخل خاک؛ نرخ نفوذپذیری آب در خاک و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک‌ها؛ تنوع و فعالیت زیستی موجودات خاکری و دسترسی گیاهان به عناصر غذایی تأثیر می‌گذارد.

بسیاری از عملیات رایج در کشاورزی، به ویژه خاکورزی توسط گاواهن‌های برگردان‌دار، اجرای دیسک و سوزاندن بقایای گیاهان، باعث تشدید روند تجزیه مواد آلی خاک شده که در نتیجه آن، خاک نسبت به فرسایش بادی و آبی مستعد می‌گردد. به هر حال، اقدامات مدیریتی جایگزین نیز وجود دارند که قادرند سلامت خاک را بهبود بخشیده و بهره‌وری پایدار کشاورزی را تضمین نمایند.

کشاورزی حفاظتی مجموعه‌ای از این اقدامات مناسب را شامل می‌شود که از طریق تلفیق سیستم بی‌خاکورزی یا کم‌خاکورزی و استقرار یک پوشش حفاظتی از محصولات زراعی و رعایت تناوب زراعی به اجرا گذاشته می‌شود.

در این سیستم‌ها بقایای گیاهی سطحی، ریشه‌ها و مواد آلی خاک حفظ شده، کنترل علف‌های هرز بهبود یافته، فرآیند خاکدانه‌ای شدن ذرات خاک ارتقاء یافته و منافذ بزرگ خاک حفظ می‌گردد که همه‌ی اینها به نوبه خود امکان نفوذ بهتر آب به داخل خاک را میسر نموده و در نتیجه از وقوع رواناب و فرسایش خاک کاسته می‌شود.

علاوه بر فراهم نمودن مواد مغذی مورد نیاز گیاه، موجودات زنده مسووعی که در چنین شرایطی رشد می‌نمایند به کنترل آفات و دیگر فرآیندهای اکولوژیکی حیاتی کمک می‌نمایند. سیستم‌های تلفیقی کشاورزی-دامپروری از طریق ترکیب گونه‌های مرتعی و علوفه‌ای و اضافه کردن کود به خاک در کنار تولید محصولات زراعی که برای تولید الیاف و تأمین غذا کاشته می‌شوند، به بهبود مواد آلی و سلامت خاک کمک می‌نمایند.

در این کتاب به نقش اصلی مواد آلی در بهبود حاصل خیزی خاک پرداخته می‌شود. همچنین فناوری‌های موجود جهت مدیریت صحیح مواد آلی - به منظور تولید پایدار و فراوان محصولات زراعی در مناطق گرمسیری- مورد بررسی قرار می‌گیرند.

میزان مواد آلی خاک تابعی از ورود مواد آلی (بقایای اندام‌های هوایی و ریشه‌ها) و تجزیه لاشبرگ می‌باشد که به نوبه خود به رطوبت، درجه حرارت و تهویه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و همچنین بهم خوردگی خاک توسط موجودات زنده بزرگ^۱، آبشویی و پایداری هوموس (ترکیبات آلی، کانی و خاکدانه‌ها) بستگی دارد. کاربری اراضی و عملیات مدیریتی نیز بر مواد آلی خاک تأثیر می‌گذارند.

سیستم‌های زراعی به دلیل برداشت‌های مکرر محصولات زراعی و تلاش‌های ناکافی برای جایگزین نمودن عناصر غذایی و احیاء مجدد کیفیت خاک، به حذف مواد مغذی و در نتیجه کاهش میزان مواد آلی خاک منتهی می‌شوند. این روند نزولی تا زمانی که اقدامات مدیریتی بهبود نیابد و یا این که یک دوره ایش (بر فرآیندهای اکولوژیکی طبیعی تأثیر مثبت دارد) که باعث اصلاح تدریجی شرایط می‌گردد به مرحله اجرا در نیاید، ادامه می‌یابد. تنها سیستم‌های زراعی متنوعی که با دقت انتخاب شده باشند و یا سیستم‌های تلفیقی کشاورزی- دامپروری که به خوبی مدیریت شده باشند، قادر خواهند بود تا بیلان ورود و خروج عناصر غذایی و مواد آلی خاک را برقرار و حفظ نمایند.

کشاورزان می‌توانند راهکارهای بسیاری را برای حفظ، اصلاح و بازسازی خاک مزارع خود در نظر بگیرند، به ویژه خاک‌هایی که برای مدت طولانی تحت کشت و کار قرار گرفته‌اند. راهنمای کلیدی برای بازسازی خاک عبارتند از به حداقل رساندن نگهداری و بازچرخش مواد آلی و عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و به حداقل رساندن روند تخریبی اجزاء تشکیل دهنده خاک (که معمولاً از طریق آبشویی، رواناب و فرسایش ایجاد می‌گردد).

به هر حال، بازسازی کیفیت و سلامت خاک از طریق عملیات زراعی متناسب ممکن است چندین سال به طول بی‌انجامد، به ویژه در مناطق خشک که محدودیت رطوبتی، تولید بیوماس

^۱ - Macro-organisms

و فعالیت‌های زیستی را کاهش می‌دهد. از اینرو، چالش اصلی یافتن اقدامات مدیریتی متناسب خاک است که سبب تسریع در تشکیل مواد آلی خاک و حفظ رطوبت و تضمین بهره‌وری و سودآوری برای کشاورزان در یک دوره کوتاه مدت شود.

فائو^۲ به این نتیجه دست یافته است که کشاورزی حفاظتی از طریق فواید چندگانه محیطی و اقتصادی خود می‌تواند کمک شایان و قابل توجهی به بخش کشاورزی داشته باشد. کشاورزی حفاظتی از سیستم‌های مدیریت تولیدی جامع‌نگر استفاده می‌نماید و باعث بهبود و ارتقاء سلامت اکوسیستم‌های زراعی مانند تنوع زیستی سطحی (سطح خاک) و زیرسطحی، چرخه و فعالیت زیستی می‌گردد. این سیستم‌ها از استانداردهای ویژه و دقیق تولید بهره می‌جویند. این استانداردها بر اساس تکنیک‌های بی‌خاک‌ورزی و یا کم‌خاک‌ورزی، محصولات زراعی پوششی و تناوب‌های زراعی خاص بنا شده‌اند. هدف آنها رسیدن به اکوسیستم‌های زراعی بهینه است که از نظر اجتماعی، اکولوژیکی و اقتصادی پایدار باشند.

کشاورزی حفاظتی از طریق کنترل مؤثر فرآیندهای زراعی - اکولوژیکی، فرصت کافی برای کاهش نیاز به نهاده‌هایی^۳ که از خارج به سیستم وارد می‌شوند و همچنین تبدیل «سیستم‌های کشاورزی کم‌بازده» به سیستم‌های پربارتر را فراهم می‌آورد.

درک بهتر ارتباط بین حیات درون خاک و کارکرد اکوسیستم و تأثیر دخالت‌های انسان به کاهش تأثیرات منفی و بهره‌وری بیشتر از فواید فعالیت‌های زیستی خاک - به منظور ایجاد کشاورزی پایدار با بهره‌وری بیشتر - منتهی می‌گردد.

^۱ - FAO

^۲ - Inputs

^۳ - Low- input agricultural systems

یادداشت مترجم

نیاز به کتابی که بتواند خواسته دانشجویان مقاطع مختلف رشته‌های کشاورزی و منابع طبیعی را درباره مواد آلی و نقش آن در حاصل‌خیزی خاک و توسعه پایدار کشاورزی برآورده سازد مرا بر آن داشت تا نسبت به ترجمه این کتاب اقدام نمایم. امیدوارم که این کتاب بتواند اطلاعات مورد نیاز دانشجویان و علاقه‌مندان را در این خصوص فراهم نماید.

این کتاب در سال ۲۰۰۵ توسط انتشارات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) به چاپ رسیده است. مولفان کوشیده‌اند تا به نقش و اهمیت مواد آلی خاک بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و سلامت کلی خاک بپردازند. همچنین شیوه‌های مرسوم و اقدامات مدیریتی و حفاظتی مناسب که باعث ارتقاء مقدار و کیفیت مواد آلی خاک شده‌اند را بررسی نموده‌اند.

در جایگزینی واژه‌ها سعی گردیده تا آنها که امکان داشت واژه‌های پارسی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین به منظور ترجمه مناسب و یکسان اصطلاحات تخصصی از "فرهنگ نوین کشاورزی و منابع طبیعی" در زمینه‌های خاکشناسی، مرتع و آبخیزداری، حشره‌شناسی، زراعت و اصلاح نباتات، بیماری‌شناسی و ماشین‌های کشاورزی که به تازگی توسط فرهنگستان علوم چاپ شده، استفاده گردیده است.

بدون شک با توجه به طیف مطالب کتاب و تخصص مترجم امکان بروز اشتباهات وجود دارد. لذا با فروتنی از همه خوانندگان گرانقدر کتاب خواهشمندم که براینجانب منت نهاده و با یادآوری ایرادها مرا یاری دهند تا چنانچه در آینده امکان چاپ دوباره کتاب میسر گردد آنها را بر طرف نمایم.

در پایان لازم است تا از آقای اسماعیل سیلاخوری دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که با دقت و بردباری زحمت صفحه‌آرایی و امور مربوط به ویرایش عکس‌ها را به عهده داشتند صمیمانه قدردانی نمایم.

حمیدرضا عسگری

پاییز ۱۳۹۱

دانشگاه علوم کشاورزی

و منابع طبیعی گرگان

فهرست

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۹	فصل دوم: تجزیه مواد آلی و شبکه غذایی خاک
۹	مواد آلی خاک
۱۱	شبکه غذایی خاک
۱۵	فرآیند تجزیه
۱۸	مواد غیر هومیک: اهمیت و کاربرد
۲۰	اجزاء تشکیل دهنده و نقش هوموس
۲۳	فصل سوم: عوامل طبیعی مؤثر بر مقدار مواد آلی
۲۵	درجه حرارت
۲۶	رطوبت خاک و اشباع آبی
۲۸	بافت خاک
۲۹	توپوگرافی
۳۰	شوری و اسیدیته
۳۰	گیاهان و تولید بیوماس
۳۳	فصل چهارم: اقداماتی که بر مقدار مواد آلی تأثیر می‌گذارند
۳۳	تأثیر دخالت‌های انسان بر مواد آلی خاک
۳۴	عملیاتی که مقدار مواد آلی خاک را کاهش می‌دهند
۳۶	کاهش تولید بیوماس
۳۶	جایگزینی گیاهان چندساله
۳۹	جایگزینی پوشش گیاهی مخلوط با محصولات زراعی تک گونه‌ای و چراگاه‌های مصنوعی
۳۹	شاخص برداشت بالا
۴۰	استفاده از آیش بدون پوشش گیاهی

۴۱	کاهش ذخیره مواد آلی خاک
۴۱	سوزاندن پوشش گیاهی طبیعی و بقایای محصولات زراعی
۴۲	چرای بیش از حد
۴۲	جمع‌آوری بقایای محصولات زراعی
۴۳	افزایش نرخ فرآیند تجزیه
۴۳	عملیات خاکورزی
۴۸	زهکشی
۴۹	افزایش تولید بیوماس
۴۹	افزایش مقدار آب مورد نیاز گیاهان: جمع‌آوری آب و آبیاری
۵۱	کاربرد کود و سموم دفع آفات
۵۱	عملیاتی که مواد آلی خاک را افزایش می‌دهند
۵۳	استفاده متعادل از کودها
۵۴	محصولات زراعی پوششی
۵۷	گیاهان اصلاح شده
۶۰	آگروفارستری و کشت دالانی
۶۸	بازسازی جنگل و جنگل‌کاری
۶۹	تجدید حیات گیاهان طبیعی
۷۰	افزایش ذخیره مواد آلی
۷۰	حفاظت در مقابل آتش‌سوزی
۷۱	مدیریت بقایای محصول
۷۳	استفاده از علوفه توسط چرای دام بهتر از برداشت آن است
۷۴	مدیریت جامع آفات
۷۵	کاربرد کود حیوانی یا دیگر ضایعات غنی از کربن
۷۶	کمپوست
۷۷	مالچ یا پوشش دائمی خاک
۸۰	کاهش نرخ تجزیه
۸۰	کم‌خاکورزی یا بی‌خاکورزی
۹۱	فصل پنجم: ایجاد خاک‌های مقاوم به خشکی

تأثیر مواد آلی بر خصوصیات خاک	۹۱
عدم استفاده مؤثر از آب باران	۹۱
افزایش رطوبت خاک	۹۳
کاهش فرسایش خاک و بهبود کیفیت آب	۹۹
فصل ششم: عوامل اصلی در تولید پایدار غذا	۱۰۵
افزایش توان بهره‌وری گیاهان	۱۰۵
افزایش کارایی کودها	۱۰۵
کاهش شرایط ماندابی شدن خاک	۱۰۸
افزایش عملکرد	۱۱۰
کاهش مصرف علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها	۱۱۳
افزایش تنوع زیستی	۱۱۶
بهبودپذیری (برگشت‌پذیری)	۱۱۸
فصل هفتم: نقش کشاورزی حفاظتی در تجمع مواد آلی و ترسیب کربن	۱۲۱
اصول کشاورزی حفاظت	۱۲۱
تجمع مواد آلی	۱۲۳
افزایش ترسیب کربن	۱۲۳
فصل هشتم: نتیجه‌گیری	۱۳۳
پیوست اول: موجودات زنده خاک	۱۳۷
پیوست دوم: تأثیرات مواد آلی بر خصوصیات خاک	۱۶۵
فهرست منابع	۱۸۱
واژه‌نامه	۲۰۳
نمایه	۲۳۱

- شکل ۱-۱ بقایای محصولاتی که به خاک اضافه شده‌اند توسط موجودات..... ۲
- شکل ۲-۱ اجزاء مواد آلی خاک و نقش آنها ۳
- شکل ۱-۲ چرخه کربن ۱۰
- شکل ۲-۲ موریانه‌ها محل زندگی خود را در نزدیکی منابع مورد ۱۴
- شکل ۳-۲ نوسانات ایجاد شده در بیوماس میکروبی طی مراحل مختلف توسعه محصولات ۱۵
- شکل ۱-۳ چرخه بسته ۲۵
- شکل ۷- ترکیب برگ‌ها و ریشه‌های گونه‌های بقولات و علفی‌ها ۲۶
- شکل ۸- فرسایش شدید خاک، منع انرژی بالقوه‌ی مورد نیاز موجودات میکروبی ۲۸
- شکل ۹- سیستم با چرخه باز ۲۹
- شکل ۲-۳ ترکیب برگ‌ها و ریشه‌های گونه‌های بقولات و علفی‌ها ۳۲
- شکل ۱-۴ فرسایش شدید خاک، منع انرژی بالقوه‌ی مورد نیاز موجودات میکروبی ۳۵
- شکل ۲-۴ سیستم با چرخه باز ۳۵
- شکل ۳-۴ ترکیب موجودات زنده بزرگ خاک در سیستم‌های مختلف ۳۷
- شکل ۴-۴ قطع جنگل‌های اولیه اغلب به تسریع فرایند مدنی شدن مواد آلی منتهی ۳۸
- شکل ۵-۴ سوزاندن بقایای گیاهی یک اقدام مرسوم برای پاکسازی اراضی ۴۱
- شکل ۶-۴ حیوانات اهلی در چراگاه‌های اطراف آسماره ۴۳
- شکل ۷-۴ با جمع‌آوری بقایای محصولات زراعی منبع غذایی موجودات زنده خاک ۴۴
- شکل ۸-۴ خاکورزی فشرده خاک، اراضی کشاورزی را در برابر فرآیندهای فاساد مستعد ۴۷
- شکل ۹-۴ ارزیابی مقدار مواد آلی یک خاک در منطقه پارانا ۴۹
- شکل ۱۰-۴ به منظور جمع‌آوری آب طی فصل بارندگی ۵۱
- شکل ۱۱-۴ کاهش ماده (محصول) خشک در محصولات پوششی مختلف ۵۵
- شکل ۱۲-۴ گودال‌های هلالی شکل حفر شده در اطراف نهال‌های آکاسیا ۶۰
- شکل ۱۳-۴ قطعات تحت سیستم آگروفارستری که در آن محصول ذرت ۶۳
- شکل ۱۴-۴ نمونه‌ای از سیستم کوئزوتنگوال به عنوان یک سیستم آگروفارستری بومی ۶۶
- شکل ۱۵-۴ جنگلکاری هزار دره‌ها در نیجر ۶۷
- شکل ۱۶-۴ مدیریت بقایای محصول با استفاده از غلطک‌های ۷۲
- شکل ۱۷-۴ یک کشاورز در حال علوفه دادن به گاو ۷۴

- شکل ۴-۱۸ آماده سازی کمپوست متشکل از اجزاء دور ریختنی ماهی و ضایعات روستایی ۷۵
- شکل ۴-۱۹ کشت ذرت به روش بی-خاکورزی همراه با مالچی از یولاف سیاه ۷۰
- شکل ۴-۲۰ یک کشاورز در حال کار در مزرعه کاهو ۸۱
- شکل ۴-۲۱ استفاده از مالچ در اراضی مرتفع تابلند ۸۱
- شکل ۴-۲۲ اندازه جمعیت باکتری‌های گره ساز ریشه تحت تناوب‌های مختلف محصولات زراعی ۸۵
- شکل ۴-۲۳ فریجیل تپدو با بذریاشی لوبیا در زمینی که بقایای ذرت در آن بجا مانده ۸۷
- شکل ۴-۲۴ بذریکری مستقیم توسط بذرکار در زمینی با بقایای محصول گندم ۸۸
- شکل ۴-۲۵ یک غلام نصب شده بر روی درب ورودی مزرعه ای در استرالیا ۸۸
- شکل ۴-۲۶ تاثیر اجرای عملیات خاکورزی مختلف بر تعداد کرم‌های خاکی ۹۰
- شکل ۵-۱ تاثیر مقدار پوشش خاک بر رواناب حاصل از بارندگی ۹۵
- شکل ۵-۲ نفوذپذیری آب تحت سیستم‌های مختلف مدیریتی ۹۵
- شکل ۵-۳ مقدار آب ذخیره شده در خاک تحت خاکورزی مرسوم و حفاظتی ۹۶
- شکل ۵-۴ تاثیر پوشش‌های مختلف خاک بر میزان ذخیره آب در داخل خاک ۹۷
- شکل ۵-۵ اتلاف خاک به دلیل فرسایش آبی در سیستم‌های زراعی مختلف ۱۰۰
- شکل ۵-۶ رواناب و اتلاف خاک بلافاصله پس از یک رگبار شدید ۱۰۳
- شکل ۵-۷ بهبود نرخ گل‌آلودگی آب در حوزه آبخیز ریودو کبجو در منطقه پارانا ۱۰۴
- شکل ۵-۸ نوسانات درجه حرارت در عمق ۳ سانتی متری یک خاک تحت زراعت پنبه ۱۰۴
- شکل ۶-۱ تاثیر مواد آلی خاک بر pH خاک ۱۰۷
- شکل ۶-۲ تحت شرایط بی-خاکورزی، سیستم منافذ داخلی خاک از طریق عملیات ۱۰۹
- شکل ۶-۳ تجزیه و تحلیل سودهای ناخالص برای سه محصول (گندم، نخود و سورگوم) ۱۱۲
- شکل ۶-۴ عملکرد ذرت تحت خاکورزی مرسوم و بذریکری مستقیم ۱۱۴
- شکل ۶-۵ هزینه پرداخت شده برای علف کش‌ها در سیستم‌های مختلف تولید ۱۱۴
- شکل ۷-۱ مقدار مواد آلی یک خاک تحت مدیریت‌های مختلف خاکورزی ۱۲۴
- شکل ۷-۲ غلظت کربن خاک در اعماق مختلف خاکی که تحت سیستم‌های ۱۲۵
- شکل ۷-۳ تاثیر سوزاندن (یکسال در میان) بقایای محصولات بر مقدار کربن خاک ۱۲۵
- شکل ۷-۴ تخمین میزان ترسیب و انتشار دی‌اکسید کربن (طی ۸ سال) بر اثر اجرای ۱۲۸
- شکل ۷-۵ پتانسیل ترسیب کربن در یک آزمایش طولانی مدت در برزیل ۱۳۰
- شکل ۹-۱ محیط زیست خاک ۱۳۹
- شکل ۹-۲ انواع مختلف گره‌ها در ریشه‌های بقولات ۱۴۳

- شکل ۳-۹ ریشه‌های میکوریزایی و شبکه ریشه‌های همراه آنها از مهم‌ترین اجزاء خاک ۱۴۸
- شکل ۴-۹ استیله (میله) های نماتدهای بیماریزای گیاهی برای نفوذ و رسوخ به ۱۴۸
- شکل ۵-۹ نمایی از یک حشره عضو خانواده پادمان ۱۵۰
- شکل ۶-۹ توده‌های دانه‌ای شکل موجود در سطح خاک در یک منطقه آفریقایی ۱۵۶
- شکل ۷-۹ توده‌های کروی شکل انباشته شده توسط یک کرم خاکی آفریقایی ۱۵۷
- شکل ۸-۹ یک تونل ایجاد شده توسط کرم خاکی (*Martiodrilus sp*) ۱۵۹
- شکل ۹-۹ تجمع خاک توسط مورچه‌های رشد و نمو کننده بر روی قارچ در منطقه ۱۶۱
- شکل ۱۰-۱ بیوماس میکروبی (کربن و ازت) تحت خاکورزی مرسوم و حفاظتی ۱۶۷
- شکل ۱۰-۲ هجوم قارچ‌های میکوریزایی به ریشه محصولات زراعی ۱۶۸
- شکل ۱۰-۳ ارتباط بین وزن مخصوص ظاهری و منافذ بزرگ خاک بر اثر ۱۶۸
- شکل ۱۰-۴ فرآیند نیتریفیکاسیون و تشکیل اسید در خاک سطحی ۱۷۲
- شکل ۱۰-۵ مقادیر کلسیم و منیزیم قابل تبادل بعد از گذشت ۹ سال از کشاورزی ۱۷۲
- شکل ۱۰-۶ مقدار فسفر خاک پس از ۹ سال از کشاورزی حفاظتی در مقایسه با سیستم خاکورزی مرسوم .. ۱۷۳
- شکل ۱۰-۷ مقدار فسفر و پتاسیم خاک در اعماق مختلف خاک و انواع متفاوت آماده سازی زمین ۱۷۳

جدول ۱-۲ طبقه‌بندی موجودات زنده خاک.....	۱۶
جدول ۲-۲ وظایف اصلی که به عهده موجودات زنده مختلف می‌باشد.....	۱۷
جدول ۱-۴ افزایش نرخ تجزیه مواد آلی بر اثر اجرای عملیات خاکورزی.....	۴۵
جدول ۱-۵ عمق متوسط خاک که در آن رطوبت خاک آغاز شده و میزان.....	۹۸
جدول ۱-۶ مقدار آهک در نیمرخ خاک بر اثر پوشش‌های مختلف خاک.....	۱۰۸
جدول ۱-۷ نش کاربری اراضی و مدیریت زمین در تعیین این که آیا خاک به عنوان.....	۱۲۶
جدول ۱-۹ طبقه‌بندی و ویژگی‌های موجودات زنده خاک.....	۱۴۰

توضیحات ۱-۲ برخی از وظایف (عملکردهای) یک اکوسیستم خاکی سالم	۱۲
توضیحات ۲-۲ مواد هومیکی، عناصر غذایی موجود را برای گیاهان حفظ می نمایند	۲۲
توضیحات ۱-۴ روش هایی که باعث افزایش مقادیر مواد آلی خاک می شوند	۵۳
توضیحات ۲-۴ چاله های کاشت	۵۸
توضیحات ۳-۴ مثال هایی از سیستم های آگروفارستری در سراسر دنیا	۶۲
توضیحات ۴-۴ استنباط کشاورزان از سیستم کوئزونگوال: فواید و زیان ها	۶۵
توضیحات ۵-۴ استفاده از مالچ در اراضی مرتفع شمال تایلند	۸۲
توضیحات ۱-۶ آیا اصلاح مدیریت مواد آلی مقرون به صرفه است	۱۱۰
توضیحات ۲-۶ تأثیر عملیات خاکورزی مختلف بر تعداد و	۱۱۷
توضیحات ۱-۹ ریزوبیوم ها و فرآیند ایجاد گره	۱۴۳

مقدمه

بسته به «مقدار مواد آلی»^۱، خاک‌ها به دو دسته آلی و معدنی قابل تفکیک می‌باشند. «خاک‌های معدنی»^۲ بخش اصلی اغلب اراضی قابل کشت جهان را تشکیل می‌دهند و مواد آلی موجود در آنها از مقادیر بسیار ناچیز تا ۳۰ درصد قابل تغییر می‌باشد. اساساً به دلیل شرایط اقلیمی، خاک‌های آلی بطور طبیعی سرشار از مواد آلی هستند. اگرچه بیش از ۳۰ درصد این خاک‌ها را مواد آلی تشکیل می‌دهد اما به این دلیل که دارای مواد آلی زیادی هستند، لزوماً خاک‌های بسیار حیاتی و مهم برای زراعت محسوب نمی‌شوند. در این کتاب، تمرکز اصلی بر پویایی مواد آلی خاک‌های زراعی استوار شده است. همچنین بطور اختصار، در مورد شرایطی که به کاهش مقدار مواد آلی منجر می‌گردد پرداخته شده و نتایج منفی ناشی از آن و در نهایت روش‌های پیشگیرانه توضیح داده می‌شود. این کتاب به مجموعه‌ای از اقدامات که قادرند مقدار مواد آلی خاک را ارتقاء دهند، پرداخته و سپس فواید ناشی از آنها را در اراضی کشاورزی و محصولات زراعی بیان می‌نماید.

^۱- Organic matter content

^۲- Mineral soils

مواد آلی خاک، به هر ماده‌ای که از «موجودات زنده»^۱ (گیاهی یا جانوری) نشأت گرفته و در نهایت به خاک بر می‌گردد و طی «فرآیند تجزیه»^۲ به اجزاء اولیه آن تبدیل می‌شود، اطلاق می‌گردد (شکل ۱-۱).

در هر زمان مشخص، مواد آلی خاک دامنه‌ای از مواد- از بافت‌های سالم و دست نخورده گیاهان و جانوران تا موادی که بعداً بصورت مخلوطی از مواد کاملاً تجزیه شده (هوموس)^۳ در می‌آیند- را شامل می‌شود (شکل ۲-۱).



شکل ۱-۱ بقایای محصولاتی^۴ که به خاک اضافه شده‌اند توسط موجودات بزرگ و میکروارگانیسم‌ها^۵ تجزیه شده و به افزایش مقدار مواد آلی خاک منتهی می‌شوند.

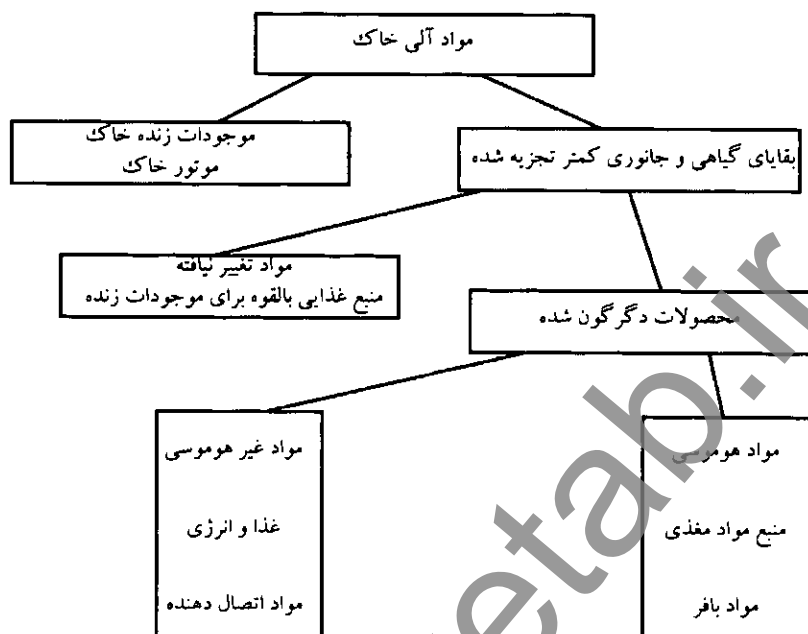
^۱- Living organisms

^۲- Decomposition process

^۳- Humus

^۴- Crop residues

^۵- Micro-organisms



شکل ۱-۲ اجزاء مواد آلی خاک و نقش آنها

اغلب مواد آلی خاک از «بقایای گیاهی»^۱ نشأت می‌گیرند. ۶۰-۹۰ درصد بقایای گیاهی را رطوبت تشکیل می‌دهد. مواد خشک باقی‌مانده شامل کربن (C)، اکسیژن (O)، هیدروژن (H) و مقادیر کمی گوگرد (S)، ازت (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) می‌باشد. اگرچه مقدار آنها ناچیز است ولی این عناصر غذایی از لحاظ مدیریت «حاصل‌خیزی خاک»^۲ از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند.

مواد آلی خاک از ترکیبات متنوعی تشکیل یافته‌اند. این اجزاء که در نسبت‌های متغیر و در مراحل حد واسط قرار دارند یک «کسر فعال مواد آلی»^۳ را که از میکروارگانیسم‌ها (۴۰-۱۰٪) و «مواد آلی مقاوم»^۴ یا پایدار (۶۰-۴۰٪)، که به هموموس نیز معروفند، تشکیل می‌دهند. اشکال و طبقه‌بندی مواد آلی خاک توسط تیت (۱۹۸۷) و دنگ (۱۹۸۷) توصیف

^۱ Plant residues

^۲ Soil fertility

^۳ Active organic fraction

^۴ Stable organic matter

شده است. از نقطه نظر عملی، مواد آلی خاک ممکن است به دو بخش سطحی و زیرسطحی تقسیم شوند.

«مواد آلی سطح خاک»^۱، از بقایای گیاهی و حیوانی و «مواد آلی زیرسطحی»^۲ از «موجودات زنده جانوری»^۳ و «گیاهی کوچک»^۴؛ بقایای گیاهی و حیوانی نسبتاً تجزیه شده و مواد هومیکی تشکیل می‌شوند. از «نسبت کربن به ازت»^۵ نیز برای بیان نوع و سهولت فرآیند تجزیه مواد استفاده می‌گردد؛ «مواد با جنس چوبی سخت»^۶ و دارای نرخ بالای کربن به ازت، در مقایسه با «مواد نرم و حاوی برگ»^۷ (که از نرخ کربن به ازت کمی برخوردارند) در برابر فرایند تجزیه مقاومت بیشتری را از خود نشان می‌دهند.

اگرچه مواد آلی خاک به راحتی می‌توانند به اجزاء مختلف تبدیل (تجزیه) شوند اما آنها به هیچ وجه یک محصول ایستا و پایانی نیستند. در مقابل، مقادیر موجود مواد آلی بیانگر یک تعادل پویا می‌باشد. مقدار کلی و اجزاء مواد آلی خاک به خصوصیات خاک و مقدار «ورودی سالانه بقایای گیاهی و حیوانی»^۸ به اکوسیستم خاک بستگی دارد.

برای مثال، در یک اکوسیستم خاکی مبین، نرخ تجزیه و تجمع مواد آلی خاک از طریق خصوصیات از خاک مانند بافت، اسیدیته، درجه حرارت، رطوبت، تهویه، «کانی شناسی رس»^۹ و «فعالیت‌های زیستی خاک»^{۱۰} تعیین می‌گردد. از سوی دیگر مواد آلی خاک نیز به نوبه خود بر خصوصیات خاک تاثیر گذاشته یا آنها را تعدیل می‌نماید.

مواد آلی موجود در سطح خاک که به صورت بقایای گیاهی خام می‌باشند خاک را در برابر تاثیر بارندگی، باد و خورشید حفظ می‌نمایند. حذف، تلفیق با خاک زیرین یا سوزاندن این بقایا خاک را در معرض «تاثیرات منفی اقلیمی»^{۱۱} قرار می‌دهد. همچنین حذف یا سوزاندن آنها موجودات زنده را از یک منبع انرژی اولیه محروم می‌سازد.

¹- Aboveground organic matter

²- Belowground organic matter

³- Living soil fauna

⁴- Microflora

⁵- C:N Ratio

⁶- Hard woody materials

⁷- Soft leafy materials

⁸- Annual inputs of plant and animal residues

⁹- Clay mineralogy

¹⁰- Soil biological activities

¹¹- Negative climatic impacts

مواد آلی موجود در خاک وظایف متعددی را بر عهده دارند. از نقطه نظر کشاورزی عملی، آنها به دو دلیل اصلی دارای اهمیت هستند: ۱) به عنوان یک مجموعه و منبعی از عناصر غذایی برگشت پذیر (دارای چرخه؛ و ۲) به عنوان یک عامل اصلاح کننده ساختمان خاک، حفظ خاک و به حداقل رساندن فرسایش.

به عنوان یک منبع از «مواد غذایی برگشت پذیر»^۱، مواد آلی دو وظیفه اصلی را به عهده دارند: از آنجا که مواد آلی عمدتاً از بقایای گیاهی بدست می آیند، آنها حاوی تمام «مواد مغذی مورد نیاز گیاه»^۲ هستند. بنابراین، مواد آلی تجمع یافته به عنوان منبعی از مواد مغذی گیاهی به شمار می روند.

«کسر پایدار مواد آلی»^۳ (هوموس)، مواد مغذی را به شکلی که برای گیاه قابل دسترس باشد جذب و نگهداری می نماید.

مواد آلی طی فرآیند تجزیه، مواد مغذی را به شکلی که برای گیاهان قابل استفاده باشند، آزاد می نمایند. به منظور حفظ این «سیستم چرخشی مواد مغذی»^۴، نرخ مواد آلی که به صورت بقایای محصولات زراعی، کود و هر منبع دیگر به خاک اضافه می شود بایستی با نرخ تجزیه آن یکسان باشد. به علاوه، نسبت مقداری از مواد آلی که توسط گیاهان جذب می شوند و یا از طریق آبشویی^۵ یا فرسایش^۶ از بین می روند را می بایست در نظر گرفت.

در مواقعی که نرخ افزوده شدن مواد کمتر از نرخ تجزیه آنها باشد، مقدار مواد آلی خاک کاهش می یابد. بالعکس، هر جا که در آن نرخ ورود بقایای گیاهی یا جانوری بیشتر از نرخ تجزیه مواد باشد، مقدار مواد آلی خاک افزایش می یابد. واژه «رضعیت پایدار»^۷ توصیف کننده شرایطی است که در آن نرخ افزایش مواد به خاک با نرخ تجزیه آنها برابر باشد.

از نقطه نظر نقش مواد آلی در اصلاح ساختمان خاک، کسر فعال و برخی از اجزاء مقاوم مواد آلی به همراه میکروارگانیسم ها (به ویژه قارچ ها)، در اتصال ذرات خاک به «خاکدانه های بزرگتر»^۸ دخالت دارند.

^۱- Revolving nutrient fund

^۲- Essential plant nutrients

^۳- Stable organic fraction

^۴- Nutrient cycling system

^۵- Leaching

^۶- Erosion

^۷- Steady state

^۸- Larger aggregates

«خاکدانه‌ای شدن»^۱ ذرات خاک برای ایجاد یک «ساختمان خاک»^۲ مناسب، تهویه^۳، نفوذپذیری آب^۴ و «پایداری در مقابل فرسایش و سله»^۵ دارای اهمیت می‌باشد. به طور مرسوم، تشکیل خاکدانه‌های خاک یا با مقدار کل کربن (متسو و همکاران، ۱۹۹۷) و یا با مقادیر کربن آلی (دالا و مییر، ۱۹۸۶ الف و ب) ارتباط دارد.

به تازگی یک روش برای طبقه‌بندی کردن کربن خاک از طریق روش "کاهش اکسیداسیون" توسعه پیدا کرده است که نتایج آن نشان می‌دهد که کربن ناپایدار ممکن است تاثیر بیشتری را بر «پایداری فیزیکی خاک»^۶ داشته باشد و شاخص دقیق‌تری نسبت به مقدار کل کربن خاک (که در سیستم کشاورزی اهمیت دارد) محسوب شود (لفوری و همکاران، ۱۹۹۳؛ بلیر و همکاران، ۱۹۹۵؛ بلیر و کروکر، ۲۰۰۰).

ثابت شده که «کسر کربن ناپایدار»^۷ یک شاخص کلیدی برای خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک محسوب می‌شود. برای مثال، این کسر به عنوان عامل اولیه کنترل کننده از هم‌گسستگی خاکدانه‌ها در فرسایش^۸ (دس‌های قرمز بدون ترک خوردگی) در نظر گرفته می‌شود و از طریق اندازه‌گیری درصد خاکدانه‌های کمتر از ۰/۱۲۵ میلی‌متر قطر در سله سطحی (که در آزمایشگاه با بکارگیری «باران مصنوعی»^۹ محاسبه شده است) به دست آمده است.

کسری از مواد آلی که پایدار و مقاوم هستند عمدتاً به «ظرفیت نگهداری مواد مغذی»^{۱۰} (ظرفیت تبادل کاتیونی^{۱۱}) و «رنگ خاک»^{۱۲} کمک می‌نماید. این کسر از مواد آلی خاک به آهستگی تجزیه می‌شوند. بنابراین، تاثیر آنها بر حاصل‌خیزی خاک کمتر از «کسر فعال مواد آلی»^{۱۳} می‌باشد.

فصل دوم و سوم کتاب به دگرگونی مواد آلی توسط موجودات زنده خاک و فاکتورهای طبیعی موثر بر مقدار مواد آلی در خاک اختصاص یافته است. در فصل چهارم در مورد

1- Aggregation

2- Soil structure

3- Aeration

4- Water infiltration

5- Resistance to erosion and crusting

6- Soil physical stability

7- Labile carbon fraction

8- Ferrosols

9- Simulated rain

10- Nutrient holding capacity

11- Cation exchange capacity (CEC)

12- Soil colour

13- Active organic fraction

اقدامات مدیریتی مختلف که بر تجمع مواد آلی در خاک موثرند بحث می‌گردد. فصل پنجم به نحوه ایجاد «خاک مقاوم به خشکی»^۱ توضیح می‌دهد، در حالی که فصل ششم به جنبه‌های «تولید پایدار غذا»^۲ می‌پردازد. فصل هفتم به نقش کشاورزی حفاظتی و فصل هشتم به نتیجه‌گیری اختصاص یافته است. پیوست اول، پیش زمینه‌ای را در خصوص موجودات زنده مختلف خاک که در کشاورزی حائز اهمیت هستند، ارائه می‌دهد. پیوست دوم، جزئیاتی در خصوص تأثیرات مواد آلی بر خصوصیات زیستی، شیمیایی و فیزیکی بیان می‌نماید.

^۱ - Drought-resistant soil

^۲ - Sustained food production