



دانشگاه شاهرود
پایه

بیولوژی خاک

دکتر آزاده صدرارحامی دکتر شهرزاد کبیری نژاد

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست

پیشگفتار

۱	فصل اول: تعریف بیولوژی و میکروبیولوژی خاک
۱	هدف کلی
۱	هدف‌های یادگیری
۱	مقدمه
۲	۱-۱. تعریف بیولوژی و میکروبیولوژی خاک
۲	۱-۲. تاریخچه بیولوژی و میکروبیولوژی خاک
۴	۱-۳. کاربردهای بیولوژی و میکروبیولوژی خاک
۵	خلاصه فصل
۶	خودآزمایی
۷	فصل دوم: خاک و موجودات زنده
۷	هدف کلی
۷	هدف‌های یادگیری
۷	مقدمه
۹	۲-۱. خاک و اجزاء تشکیل دهنده آن
۹	۲-۱-۱. مواد معدنی
۱۰	۲-۱-۲. مواد آلی
۱۱	۲-۲. بافت خاک
۱۳	۲-۳. ساختمان خاک
۱۴	۲-۳-۱. نقش خاکدانه
۱۹	۲-۴. آب خاک
۲۰	۲-۴-۱. اشکال آب در خاک

۲۳	۲-۴-۲. آب خاک و دسترسی عناصر غذایی برای موجودات زنده خاک
۲۵	۵-۲. اتمسفر خاک
۲۷	۲-۵-۱. نقش خلل و فرج در تهویه خاک
۲۸	۲-۵-۲. نقش خاکدانه‌ها در تهویه خاک
۲۹	۲-۵-۳. نقش آب در تهویه خاک
۲۹	۲-۵-۴. اتمسفر خاک به عنوان منبع کربن و عناصر غذایی موجودات زنده خاک
۳۰	۲-۶. درجه حرارت خاک
۳۲	۲-۶-۱. عوامل مؤثر بر درجه حرارت خاک
۳۴	۲-۷. اثر نور بر موجودات زنده خاک
۳۵	۲-۸. pH خاک
۳۸	۲-۹. اثرات متقابل عوامل محیطی
۳۹	خلاصه فصل
۴۰	خودآزمایی

فصل سوم: انواع موجودات خاک

۴۳	هدف کلی
۴۳	هدف‌های یادگیری
۴۳	مقدمه
۴۴	۳-۱. جمعیت خاک
۴۵	۳-۲. زیست توده
۴۶	۳-۳. طبقه‌بندی موجودات زنده خاک
۴۸	۳-۴. درشت جانداران خاک
۴۸	۳-۴-۱. کرم‌های خاکی
۵۷	۳-۴-۲. بندپایان (آرتروپودا)
۶۹	۳-۴-۳. نماتدها
۶۵	۳-۵. ریزجانداران خاک
۶۶	۳-۵-۱. پروتوزوآها
۷۱	۳-۶. جلبک‌ها
۷۲	۳-۶-۱. شاخه کلروفیکوفیتا
۷۲	۳-۶-۲. شاخه کریزوفیکوفیتا
۷۳	۳-۶-۳. شاخه اوگلنوفیکوفیتا
۷۵	خلاصه فصل
۷۷	خودآزمایی

فصل چهارم: باکتری‌ها

۸۱	هدف کلی
۸۱	هدف‌های یادگیری
۸۱	مقدمه
۸۲	۴-۱. برخی از ویژگی‌های باکتری‌ها

۸۲	۴-۱-۱. لایه ژله‌ای باکتری‌ها
۸۲	۴-۱-۲. دیواره باکتری‌ها
۸۳	۴-۱-۳. غشاء سیتوپلاسمی باکتری‌ها
۸۳	۴-۱-۴. مزوزوم‌های باکتری‌ها
۸۳	۴-۱-۵. تیلاکوئیدهای باکتری‌ها
۸۴	۴-۱-۶. سیتوپلاسم باکتری‌ها
۸۴	۴-۱-۷. ریبوزوم‌های باکتریایی
۸۴	۴-۱-۸. ناژه‌های باکتری
۸۵	۴-۱-۹. مژه‌های باکتری
۸۵	۴-۱-۱۰. اندوسپور باکتری‌ها
۸۶	۴-۱-۱۱. مواد اندوخته‌ای باکتری‌ها
۸۷	۴-۲. گروه‌بندی باکتری‌ها
۸۷	۴-۲-۱. گروه‌بندی باکتری‌ها براساس شکل و اندازه
۸۹	۴-۲-۲. گروه‌بندی اکولوژیکی
۸۹	۴-۲-۳. گروه‌بندی براساس منبع انرژی و کربن
۹۰	۴-۲-۴. گروه‌بندی باکتری‌ها براساس رنگ‌آمیزی گرم
۹۰	۴-۳. گروه بزرگ باکتری‌های گرم منفی
۹۰	۴-۳-۱. باکتری‌های گرم منفی فتوتروف
۹۱	۴-۳-۲. باکتری‌های گرم منفی کموتروف
۱۰۰	۴-۴. گروه بزرگ باکتری‌های گرم مثبت
۱۰۰	۴-۴-۱. کوکسی‌های گرم مثبت
۱۰۰	۴-۴-۲. باکتری‌های کوکسی و میله‌ای گرم مثبت اندوسپوردار
۱۰۰	۴-۴-۳. باکتری‌های میله‌ای آراسته، گرم مثبت بدون اندوسپور
۱۰۱	۴-۴-۴. باکتری‌های میله‌ای ناآراسته، گرم مثبت بدون اندوسپور
۱۰۱	۴-۴-۵. مایکوباکترها
۱۰۱	۴-۵. فراوانی باکتری‌ها در خاک
۱۰۲	۴-۶. اثرات زندگی باکتری‌ها در خاک
۱۰۳	۴-۷. عوامل مؤثر بر جمعیت باکتری‌ها
۱۰۳	۴-۷-۱. قابلیت دسترسی مواد غذایی
۱۰۴	۴-۷-۲. رطوبت
۱۰۵	۴-۷-۳. تهویه
۱۰۶	۴-۷-۴. pH خاک
۱۰۶	۴-۷-۵. درجه حرارت
۱۰۷	۴-۸. فعالیت بیولوژیک باکتری‌ها در خاک
۱۰۸	۴-۹. اکتینومیسست
۱۱۰	۴-۹-۱. فراوانی اکتینومیسست‌ها
۱۱۲	۴-۹-۲. نقش اکتینومیسست‌ها در خاک
۱۱۳	۴-۱۰. سیانوباکترها
۱۱۴	خلاصه فصل

فصل پنجم: قارچ‌ها

هدف کلی

هدف‌های یادگیری

مقدمه

۱-۵. روش‌های زندگی و تغذیه قارچ‌ها

۱-۱-۵. ساپروفیت

۲-۱-۵. انگل

۳-۱-۵. همزیست

۴-۱-۵. شکارچی

۲-۵. انواع ساختمان قارچ‌ها در خاک

۱-۲-۵. هیف

۲-۲-۵. کلامیدوسپور

۳-۲-۵. ریزومورف

۴-۲-۵. اسکروت

۵-۲-۵. وزیکول

۶-۲-۵. اسپور

۳-۵. انواع قارچ‌ها در خاک و گروه‌بندی قارچ‌ها

۱-۳-۵. شاخه کپک‌های لزج (گیمنومایکوتا)

۲-۳-۵. شاخه قارچ‌های تاژک‌دار (ماستیگومایکوتا)

۳-۳-۵. شاخه قارچ‌های بی‌تاژک (آماستیگومایکوتا)

۴-۵. نقش قارچ‌ها در خاک

۵-۵. میکوریز

۱-۵-۵. انواع میکوریز

۲-۵-۵. نقش میکوریز

۶-۵. عوامل مؤثر بر قارچ‌های خاک

۱-۶-۵. مواد آلی

۲-۶-۵. غلظت یون هیدروژن

۳-۶-۵. درجه حرارت

۴-۶-۵. رژیم رطوبتی

۵-۶-۵. تهویه

۶-۶-۵. پروفیل

۷-۶-۵. تغییرات فصل‌ها

۸-۶-۵. پوشش گیاهی

خلاصه فصل

خودآزمایی

۱۵۳	فصل ششم: چرخه نیتروژن
۱۵۳	هدف کلی
۱۵۳	هدف‌های یادگیری
۱۵۳	مقدمه
۱۵۵	۱-۶. نقش میکروارگانیسم‌ها در چرخه نیتروژن
۱۵۵	۲-۶. نیتریفیکاسیون
۱۵۸	۱-۲-۶. عوامل مؤثر در نیتریفیکاسیون
۱۶۰	۳-۶. احیاء نیترات
۱۶۰	۴-۶. دنیتریفیکاسیون
۱۶۱	۱-۴-۶. نقش میکروارگانیسم‌ها در دنیتریفیکاسیون
۱۶۳	۲-۴-۶. عوامل مؤثر خاک بر دنیتریفیکاسیون
۱۶۶	۳-۴-۶. حذف نیترات به وسیله آبشویی
۱۶۷	۴-۴-۶. اتلاف نیترات در اثر فرسایش
۱۶۸	۵-۴-۶. تجمع موضعی نیترات
۱۶۸	۵-۶. تثبیت نیتروژن
۱۶۹	۱-۵-۶. تثبیت غیرهمزیستی نیتروژن
۱۷۱	۲-۵-۶. تثبیت همزیستی نیتروژن (باکتری‌های مولد گره در گیاهان لگوم)
۱۷۴	۶-۶. جذب نیتروژن به وسیله ریشه گیاهان
۱۷۶	خلاصه فصل
۱۷۷	خودآزمایی
۱۷۹	فصل هفتم: تشکیل ماده آلی خاک
۱۷۹	هدف کلی
۱۷۹	هدف‌های یادگیری
۱۷۹	مقدمه
۱۸۰	۱-۷. ترکیب ماده آلی خاک
۱۸۱	۱-۱-۷. اسیدهای فولویک
۱۸۲	۲-۱-۷. اسیدهای هومیک و هومین
۱۸۴	۷-۲. مقدار و توزیع مواد آلی در خاک
۱۸۷	خلاصه فصل
۱۸۷	خودآزمایی
۱۸۹	پاسخ‌نامه
۱۹۱	فهرست منابع

پیشگفتار

در بهاران کی شود سرسبز سنگ

خاک شو تا گل برویی رنگ‌رنگ

سال‌ها تو سنگ بودی دلخراش

آزمون را یک زمان خاک باش

سپاس به درگاه پروردگار که ذوق دانش‌دوستی را در نهاد نگارندگان گذاشت و ما را بر آن داشت که این کتاب را با انگیزه کمک به دانشجویان خاکشناسی و رشته‌های وابسته گردآوری و نگارش کنیم. تلاش بر این بوده است که کتابی فارسی و به دور از واژه‌های بیگانه نوشته شود. در گذشته علم بیولوژی و میکروبیولوژی خاک در علوم خاک‌شناسی و میکروبی‌شناسی قرار گرفته بود. اما امروزه این علم در بیوتکنولوژی، محیط‌زیست، کشاورزی نیز جایگاه خاص خود را پیدا نموده است. بیولوژی خاک امروزه علاقه زیادی را به خود جلب کرده است این علاقه مفرط ناشی از افزایش توجه نسبت به حفاظت منابع طبیعی در کشاورزی و اکوسیستم‌های طبیعی است. درواقع افزایش آلودگی فراورده‌های کشاورزی، خاک‌ها، آب‌ها و هوا به آلاینده‌های گوناگون مردم را واداشته است که در چگونگی برخورد با زیستگاه خود بازنگری کنند. دیری نیست که کشاورزی پایدار در دنیا مطرح شده است. اکنون با کاهش فشار بر کشتزارها و چشم‌پوشی از برداشت بیشتر از آن‌ها، تلاش بر این است که بجای کاربرد ماشین‌های کشاورزی (در خاک‌ورزی)، کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و... از روش‌های بیولوژیک در کشاورزی پایدار بهره‌گیری شود. برای انجام کشاورزی پایدار و جلوگیری از آلودگی زیستگاه‌ها نیاز است که به زندگی و کارکرد جانداران سودمند آگاهی داشت.

آنچه در این کتاب می‌خوانید چکیده‌ای از نوشتارهای فارسی و لاتین است که به دلیل کم بودن کتاب درسی در زمینه بیولوژی خاک آماده شده است. این کتاب دارای هفت فصل است. فصل اول مقدمه‌ای از علم بیولوژی و میکروبیولوژی خاک می‌باشد که بسیار فشرده آورده شده است. فصل دوم کتاب درباره خاک و ویژگی‌های آن است که خاک را به عنوان محیطی مؤثر بر روی رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد. فصل سوم کتاب درباره انواع موجودات خاک شامل درشت جانداران و ریز جانداران است که در آن چکیده‌ای از زیست‌شناسی و گروه‌بندی کرم‌های خاکی، بندپایان، نماتدها، پروتوزوئرها، جلبک‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها آورده شده است. در ادامه به دلیل اهمیت باکتری‌ها و قارچ‌ها در خاک هر کدام از آن‌ها در یک فصل جداگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. فصل چهارم کتاب درباره انواع باکتری‌ها، ویژگی‌های آن‌ها، گروه‌بندی و نقش آن‌ها در خاک بحث شده است. فصل پنجم کتاب به بررسی انواع قارچ‌ها و مایکوریز و نقش آن‌ها در خاک پرداخته شده است. فصل ششم کتاب در مورد مواد آلی و اهمیت و ضرورت آن‌ها در خاک و نقش میکروارگانیسم‌ها در تولید آن است. فصل هفتم کتاب درباره چرخه زیستی نیتروژن می‌باشد که در آن فشرده‌ای از نقش و کارکرد خاکزیان در چرخه نیتروژن آورده شده است.

در همه فصل‌های کتاب تلاش شده است که جنبه‌های مختلف از تأثیر میکروارگانیسم‌ها در خاک به خوبی نمایان گردد. شاید در این کتاب کاستی‌ها و نادرستی‌های بسیاری دیده شود. امید آن است که استادان و دانشجویان با دیده‌ای انتقادی به آن بنگرند و از یادآوری اشتباه‌های ما و پیشنهادهای خود دریغ نفرمایند.

مؤلفان

اصفهان - زمستان ۱۳۹۶

فصل اول

تعریف بیولوژی و میکروبیولوژی خاک

هدف کلی

آشنایی با علم بیولوژی و میکروبیولوژی خاک

هدف‌های یادگیری

در پایان این فصل از دانشجو انتظار می‌رود که بتواند:

۱. بیولوژی و میکروبیولوژی خاک را تعریف کند.
۲. با توجه به تاریخچه علم بیولوژی و میکروبیولوژی خاک تحقیقات و یافته‌های مهم در این زمینه را بداند.
۳. کاربردهای بیولوژی و میکروبیولوژی خاک را توضیح دهد.

مقدمه

نیاز بشر به شناخت موجودات خاک و واکنش‌هایی که در آن صورت می‌گیرد، عامل اصلی به وجود آمدن زمینه‌های مختلف علم بیولوژی خاک شد. در واقع بیولوژیست‌های خاک باید از دانش ریاضی، فیزیک، شیمی، بیوشیمی، زیست‌شناسی (جانوری، گیاهی و میکروبی) اکولوژیکی و خاک‌شناسی آگاهی داشته باشند. آن‌ها به بررسی جاندارانی که در خاک زیست می‌کنند و با زندگی خود پیامدهای سودمندی در خاک دارند می‌پردازند. بنابراین در بیولوژی خاک از جاندارانی که گاهی به خاک پناه می‌برند یا انگل‌های گیاهی و جانوری که در خاک زندگی کارآمدی ندارند، کمتر صحبت می‌شود.

۱-۱. تعریف بیولوژی و میکروبیولوژی خاک

بیولوژی و میکروبیولوژی خاک، مطالعه ارگانیسم‌هایی^۱ است که در خاک زندگی می‌کنند. هدف اصلی، بررسی و شناختن گونه‌های زنده، فراوانی و گسترش آن‌ها در خاک‌های گوناگون، پیامد زندگی هر یک از گونه‌ها، بررسی فعالیت‌های متابولیک و نقش آن‌ها در جریان انرژی و گردش عناصر غذایی و رابطه آن با باروری خاک است. به‌علاوه، تغییرات محیطی اعم از مساعد یا نامساعد، بر روی موجودات خاک و فرایندهایی که توسط آن‌ها انجام می‌گیرد، نیز در نظر گرفته می‌شود.

اگر از نقطه‌نظر مکانیسم نگاه کنیم میکروبیولوژی خاک در واقع همان بیوشیمی خاک است که در ابتدا فقط موجودات میکروسکوپی در خاک را مورد بررسی قرار داد ولی پس گسترش پیدا کردن، شامل موجودات درشت که در خاک اقامت داشته و در دینامیک خاک سهیم هستند، نیز شد. در حال حاضر نیز علاوه بر موجودات تک‌سلولی، بی‌مهرگان کوچک که مزوفون^۲ خاک نامیده می‌شوند و می‌توانند میکروسکوپی یا ماکروسکوپی باشند، هم در جامعه موجودات زنده خاک قرار می‌گیرند.

۲-۱. تاریخچه بیولوژی و میکروبیولوژی خاک

علم میکروبیولوژی خاک را می‌توان هم سن علم باکتری‌شناسی و پروتوزوآشناسی دانست، به‌طوری‌که با مشاهده جانوران ذره‌بینی در آب‌های طبیعی و آبی که در آن قشری از لاشبرگ وجود داشته، آغاز شد. این علم با انجام تحقیقات با ارزشی در کشف باکتری‌های نیترات‌ساز و نقش آن‌ها در پدیده نیتریفیکاسیون طی سال‌های بعدی گسترش یافت. از دیگر کشفیات مهم در این زمینه، همزیستی قارچ‌ریشه‌ای و به‌کار بردن اصطلاح میکوریز (قارچ‌ریشه) و به دنبال آن تشخیص قارچ ریشه داخلی^۳ و خارجی^۴، تثبیت ازت^۵ به‌صورت همزیست و غیرهمزیست، دنیتریفیکاسیون^۶ و احیا در

۱. موجودات زنده‌ای که براساس اندازه و شکل متفاوت هستند.

2. Mesofauna
3. Endotrophic
4. Ectotrophic
5. N2Fixation
6. Denitrification

علم میکروبیولوژی خاک بود.

تحقیق‌های صورت گرفته روی تخمیرهای میکروبی که منجر به توصیف متابولیسم بی‌هوازی گردید نیز از دیگر کشفیات مهم است که اهمیت خاصی داشت. به‌طوری‌که مشخص شد برخی از باکتری‌های خاک فقط متابولیسم هوازی، برخی فقط متابولیسم بی‌هوازی و برخی دیگر می‌توانند هر دو حالت را داشته باشند. با آغاز قرن بیستم، تأکید عمده تحقیق‌ها در علم بیولوژی و میکروبیولوژی روی تثبیت ازت، تجزیه ماده آلی و تغییر و تبدیل ازت معدنی بود. یکی از هدف‌های اصلی در این زمینه بررسی فرایندهایی بود که بتوان به کمک آن‌ها حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد در واحد سطح را افزایش داد. همین امر سبب شد تلاش‌های زیادی برای سنجش جمعیت موجودات خاک و شمارش آن‌ها به‌عنوان شاخصی از حاصلخیزی خاک صورت گیرد. اما چون درصد کمی از میکروارگانیسم‌های خاک قادر به رشد و تولید کلنی بر روی محیط کشت هستند و همچنین عوامل تعیین‌کننده دیگری در حاصلخیزی خاک وجود دارند که هر یک از آن‌ها، نظیر قانون حداقل لیبیگ^۱، ممکن است بازدهی گیاه را محدود کنند، بنابراین این تلاش‌ها بی‌ثمر شدند. از طرفی تلاش‌هایی نیز برای افزایش تثبیت ازت به‌صورت غیرهمزیست از طریق مایه‌زنی خاک با موجودات تولیدکننده نیتروژناز به عمل آمد که به دلیل عدم اطلاع در مورد رقابت میکروبی، موفقیت‌آمیز نبود. بااین‌وجود نتایج آزمایشگاهی این تحقیقات تا حدودی دانشمندان را متوجه این موضوع کرد که چه فرایندهایی توسط میکروب‌ها در مزرعه انجام می‌گیرد که می‌توان با بهره‌گیری از آن‌ها حاصلخیزی خاک را افزایش داد.

با گذشت زمان، به‌تدریج هدف میکروبیولوژی خاک از مسائل اولیه در مورد ازت و مواد آلی به زمینه‌هایی نظیر آنزیم‌های خاک، میکروفلورای^۲ ریزوسفر، نقش میکروب‌ها در ساختمان خاک، تجزیه آفت‌کش‌ها و دیگر مواد آلوده‌کننده ساخت بشر، اکولوژی میکروبی، تغییر و تبدیل عناصر فلزی و اثرات میکروبی روی محیط‌زیست، توسعه پیدا کرد. میکروبیولوژیست‌ها طی سال‌های ۱۳۵۰-۱۳۸۰ جهت باردهی محصولات کشاورزی و مدیریت جنگل‌ها، روش‌های تجربی را بررسی کردند که در

1. Liebig's Law of the minimum
2. Microflora

این روش‌ها ورود انرژی ارزان و قابل‌دسترس برای زراعت و تولید کود، مطرح بود. در این دوره تکنیک‌های عناصر نشان‌دار نیز توسعه پیدا کرد. همچنین امکان استفاده از معادلات ریاضی در بیان اثرات متقابل معدنی شدن^۱ - تثبیت شدن^۲، ارائه گردید.

با این وجود علم بیولوژی و میکروبیولوژی خاک اخیراً وارد مرحله تازه‌ای شده است. استفاده از کامپیوتر و داده‌پردازی‌ها، تبادل اطلاعات و کنترل دستگاه‌های اتوماتیک، تأثیر مهندسی ژنتیک، توسعه سیستم‌های مدیریت جنگل و کشاورزی با کارایی بالاتر، به کار بستن تکنیک‌های مدیریتی بدون شخم و تناوب زراعی، از جمله این دستاوردها است. همچنین به وجود آمدن رابطه تنگاتنگ بین بیولوژی و میکروبیولوژی خاک با نام علم بیوتکنولوژی، میکروبیولوژیست‌های خاک را در رسیدن به هدف نهایی که همان بهبود کیفیت محیط‌زیست است، نزدیک‌تر کرده است.

۳-۱. کاربردهای بیولوژی و میکروبیولوژی خاک

همان‌طور که ذکر شد با بررسی و شناختن گونه‌های زنده، فراوانی و گسترش آن‌ها در خاک‌های گوناگون، پیامد زندگی هر یک از گونه‌ها، بررسی فعالیت‌های متابولیک و نقش آن‌ها در جریان انرژی و گردش عناصر غذایی، رابطه آن‌ها با باروری خاک مشخص می‌شود. همچنین می‌توانیم با داشتن اطلاعات مناسب در این زمینه در جهت بهبود عملکرد و بالا بردن حاصلخیزی خاک قدم برداریم. برای مثال با استفاده از نتایج آزمایشگاهی درمی‌یابیم چه فرایندهایی توسط میکروب‌ها در مزرعه انجام می‌گیرد که می‌تواند بر حاصلخیزی و باروری خاک مؤثر واقع شود. برقراری رابطه عمومی بین رشد میکروبی و تغییر و تبدیل ازت آلی یکی از این فرایندها است.

از طرفی بررسی تغییرات مختلف ازت در ارتباط با سیکل کربن برای تعیین فرم‌های ازت موجود در خاک و ارتباط فعالیت‌های میکروبی در این زمینه ما را در جهت استفاده از روش‌های کاربرد انرژی ارزان و قابل‌دسترس برای زراعت و تولید کود هدایت می‌کند که می‌تواند هم به صورت اقتصادی و هم در جهت حفظ محیط‌زیست کارساز باشد.

همچنین از علم بیولوژی و بیوتکنولوژی می‌توان در حل مشکلات زیست‌محیطی استفاده کرد. برای مثال هیدروکربن‌های کلردار که بخش مهمی از آفت‌کش‌ها را تشکیل می‌دهند در شرایط بی‌هوازی نظیر مزارع برنج، رسوبات و لایه‌های زیرین خاک به‌کندی تجزیه می‌شوند. بنابراین استفاده از باکتری برای تجزیه هیدروکربن‌های کلردار تحت شرایط بی‌هوازی نیاز به کارهای بیوتکنولوژیک دارد.

استفاده از مقادیر زیاد آفت‌کش‌ها در زمین‌های کشاورزی بایستی به حداقل برسد و در برخی حالات انتظار می‌رود که با مکانیسم‌های کنترل بیولوژیک آفت‌کش‌ها حذف شوند. این مکانیسم‌ها شامل تکنیک‌هایی نظیر مدیریت تلفیقی آفات، تغییر عملیات زراعی و توسعه گیاهان مقاوم به آفات، می‌باشد. استفاده از میکروارگانیسم‌های تغییر یافته مهندسی با روش ژنتیک به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک و روش‌های جدیدتر اصلاح گیاهان، قسمتی از سیستم مدیریت بوده که بر پایه درک بهتر بیوشیمی، بیولوژی و میکروبیولوژیک خاک است.

خلاصه فصل اول

علم میکروبیولوژی خاک را می‌توان هم سن علم باکتری‌شناسی و پروتوزوآشناسی دانست، این علم با انجام تحقیقات با ارزشی در کشف باکتری‌های مختلف و نقش آن‌ها در فرایندهای مهم در خاک طی سال‌های بعدی گسترش یافت. در واقع بیولوژی و میکروبیولوژی خاک، مطالعه ارگانیزم‌هایی^۱ است که در خاک زندگی می‌کنند. هدف اصلی، بررسی و شناختن گونه‌های زنده، فراوانی و گسترش آن‌ها در خاک‌های گوناگون، پیامد زندگی هر یک از گونه‌ها، بررسی فعالیت‌های متابولیک و نقش آن‌ها در جریان انرژی و گردش عناصر غذایی و رابطه آن با باروری خاک است. همچنین می‌توانیم با داشتن اطلاعات مناسب در این زمینه در جهت بهبود عملکرد و بالا بردن حاصلخیزی خاک قدم برداریم. از طرفی از علم بیولوژی و بیوتکنولوژی می‌توان در حل مشکلات زیست‌محیطی استفاده کرد.

۱. موجودات زنده‌ای که بر اساس اندازه و شکل متفاوت هستند.

خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول

۱. در تعریف بیولوژی و میکروبیولوژی خاک کدامیک از گزینه‌های زیر مهم هستند؟
 - الف) بررسی و شناخت گونه‌های زنده
 - ب) پیامد زندگی گوناگون‌ها در خاک
 - ج) بررسی فعالیت متابولیک و نقش گونه‌ها در خاک
 - د) همه موارد
۲. کدامیک از مهم‌ترین کاربردهای بیولوژی و میکروبیولوژی خاک است؟
 - الف) بررسی پیامد زندگی گوناگون‌ها در خاک
 - ب) پیامد نقش گوناگون‌ها در جریان انرژی
 - ج) بررسی هریک از گونه‌ها با باروری خاک
 - د) هیچکدام
۳. کدامیک از کشفیات آغازین علم میکروبیولوژی خاک است؟
 - الف) قارچ ریشه‌ها
 - ب) رابطه همزیستی گیاه و میکروب‌ها
 - ج) وجود جانوران ذره‌بینی در آب طبیعی آغشته به لاشبرگ
 - د) هیچکدام
۴. کدامیک از روش‌های زیر می‌تواند در کاربرد انرژی ارزان قابل‌دسترس برای زراعت و تولید کود در مزرعه به حساب آید؟
 - الف) بررسی ارتباط فعالیت میکروبی با سیکل کربن در تثبیت ازت خاک
 - ب) بررسی ارتباط جمعیت‌های میکروبی خاک با مقدار تجزیه مواد آلی در خاک
 - ج) بررسی ارتباط قارچ ریشه‌ها با تولید ازت در خاک
 - د) هیچکدام
۵. کدامیک از مهم‌ترین اهداف نهایی میکروبیولوژیست‌های خاک می‌باشد؟
 - الف) کشف گونه‌های جدید
 - ب) بهبود کیفیت محیط‌زیست
 - ج) کمک به افزایش جمعیت میکروبی خاک
 - د) همه موارد

فصل دوم

خاک و موجودات زنده

هدف کلی

– آشنایی با خاک و اجزاء تشکیل دهنده آن و موجودات زنده در آن

هدف‌های یادگیری

در پایان این فصل از دانشجو انتظار می‌رود که بتواند:

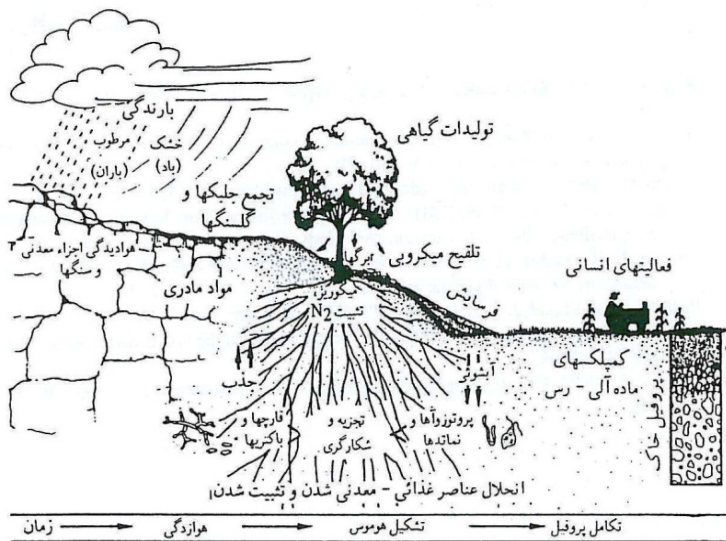
۱. تعریف خاک و موجودات زنده خاک و ارتباط متقابل بین آن‌ها را شرح دهد.
۲. روابط بین میکروارگانیسم‌ها با یکدیگر در خاک را توضیح دهد.
۳. تأثیری که روابط بین میکروارگانیسم‌ها بر ویژگی‌های خاک می‌گذارند، را توضیح دهد.
۴. با شناخت خاک و ویژگی‌های آن، تأثیر خاک بر زندگی میکروارگانیسم‌ها را بیان کند.

مقدمه

درک پیچیدگی‌ها، تنوع و توانایی‌های اکوسیستم خاک نیازمند آشنایی کامل دانش بیولوژی و میکروبیولوژی خاک، همراه با درک جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است. کلیه موجودات زنده خاک مخصوصاً گیاهان عالی، یکی از پنج عامل مؤثر در تشکیل خاک می‌باشند. چهار عامل دیگر عبارت‌اند از: اقلیم، پستی و بلندی، مواد مادری و زمان هستند. فرایند تشکیل خاک شامل تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها و تبدیل

آن‌ها به ذرات ریز با سطح زیاد و به همراه آن، آزاد شدن عناصر غذایی می‌باشد (شکل ۱-۲).

کربن و ازت، دو عنصر مهم غذایی بوده که در آغاز تشکیل خاک کمبود آن‌ها مشاهده می‌شود. اولین موجودات زنده‌ای که بر روی مواد مادری مستقر می‌شوند معمولاً موجوداتی هستند که قادر به فتوسنتز و تثبیت ازت می‌باشند. این موجودات غالباً سیانوباکترها بوده که جلبک‌های سبز-آبی هم نامیده می‌شوند. پس از استقرار پوشش گیاهی، در اثر فرایندهای خاک‌سازی یک مخلوط دینامیک از سلول‌های مرده و زنده، ماده آلی خاک و ذرات معدنی به وجود می‌آید که به اندازه کافی ریز بوده و خصوصیات کلوئیدی به خاک می‌دهد.



شکل ۱-۲ روابط متقابل بین موجودات، مواد آلی و مواد مادری در تشکیل خاک (میکروبیولوژی و بیوشیمی خاک، ۱۳۹۳)

میکروبیولوژیست‌های خاک، بیشترین توجه را به مناطقی از سطح خاک دارند که دست‌نخورده بوده و حاوی اکوسیستم عمده خاکی باشد یا در اثر مدیریت‌های زراعی، خاک‌هایی قابل کشت باشند. معمولاً بیشترین جمعیت میکروبی در خاک‌های حاصلخیز یافت می‌شود. البته فعالیت میکروبی در اعماق خاک هم وجود دارد. بنابراین همه

مناطق طبیعی (به جزء مناطق آتشفشانی فعال)، دارای زندگی میکروبی هستند.

۱-۲. خاک و اجزاء تشکیل دهنده آن

به منظور آگاهی از جمعیت میکروبی و فعالیت آن‌ها در خاک، داشتن اطلاعات در مورد اجزاء تشکیل دهنده خاک ضروری است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تأثیر زیادی بر جمعیت میکروبی خاک دارند. خاک متشکل از ذرات معدنی با اندازه، شکل و خصوصیات شیمیایی متفاوت، همراه با ریشه گیاهان، دیگر موجودات زنده و مواد آلی در مراحل مختلف تجزیه می‌باشد. بنابراین مواد نرم پسته زمین که روی سنگ بستر تشکیل می‌گردد، خاک نامیده می‌شود که منبع غذایی و محل استقرار و رشد گیاهان می‌باشد.

۱-۱-۲. مواد معدنی

مواد معدنی از نظر حاصلخیزی خاک اهمیت زیادی دارد و در اندازه‌های متفاوت از ذرات قابل مشاهده با چشم تا غیر قابل مشاهده با چشم غیر مسلح (مثل ذرات رس) تشکیل شده است. ذرات بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر سنگ و سنگریزه، بین ۰/۰۵ تا ۰/۰۲ میلی‌متر شن، ذرات بین ۰/۰۵ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر سیلت و ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر رس نامیده می‌شوند. خصوصیات شیمیایی و فعالیت ذرات خاک به‌طور مستقیم تحت تأثیر سطح تماس آن‌ها است. در این میان ذرات رس به علت داشتن اندازه ریز و سطح تماس بیشتر، در طبیعت به‌عنوان کلونید عمل می‌کنند و اهمیت بیشتری از نظر فعالیت موجودات زنده در خاک دارند. اکثر رس‌ها بار خالص منفی دارند که می‌توانند کاتیون‌ها با بار مخالف را در سطح خود جذب کنند و به‌عنوان یک منبع غذایی برای گیاهان و موجودات زنده عمل کنند. در نتیجه ظرفیت تبادل کاتیونی خاک تحت تأثیر بارهای منفی موجود در سطح ذرات رس قرار می‌گیرد.

درواقع بخش معدنی در خاک بسیار مهم بوده و با هوا دیدگی، عناصر مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کند. این بخش به علت تأثیر بر مواد غذایی قابل دسترس و نگهداری آب و هوا بیشترین تأثیر را بر موجودات زنده خاک دارد. کانی‌های رسی از نظر سیلیسیم، اکسیژن و آلومینیوم غنی بوده و حاوی عناصر دیگری مثل آهن، منیزیم، پتاسیم، کلسیم،