



میکروبیولوژی محیطی

(رشته زیست شناسی)

دکتر شایسته سپهر

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

راهنمای مطالعه.....	یازده
مقدمه.....	پانزده

گفتار اول - اکولوژی میکروبی.....	۱
پیشگفتار.....	۱
مقدمه و تاریخچه.....	۳
اکولوژی میکروبی و اکوسیستم.....	۶
۱. بررسی مستقیم.....	۹
۲. روش‌های کشتی.....	۱۰
۳. سنجش فعالیت متابولیکی.....	۱۱
تغییرات محیط توسط میکروارگانیسم‌ها.....	۱۵
۱. ایجاد تغییر در محیط‌های طبیعی.....	۱۶
۲. ایجاد تغییر در محیط‌های مصنوعی.....	۲۴
بعضی از مشخصات اکوسیستم میکروبی.....	۲۷
۱. میکرومحیط‌ها و اتصال به سطوح.....	۲۷
۲. جریان انرژی و چرخه‌های غذایی.....	۳۳
۳. چرخه‌های مواد غذایی.....	۳۸
همزیستی میکروبی یا اثرات متقابل میکروارگانیسم‌ها بر یکدیگر و بر سایر موجودات	
زنده.....	۴۱
۱. تداخل میان میکروارگانیسم‌ها.....	۴۱

۶۳.....	۲. تداخل میان میکروارگانیسم‌ها و گیاهان
۶۸.....	میکوریزا
۶۸.....	۱. اکتو میکوریزا
۷۰.....	۲. اندو میکوریزا
۷۲.....	تثبیت ازت به روش همزیستی در غدد
۷۲.....	همزیستی ریزوبیا و حبوبات
۷۵.....	تثبیت ازت به روش همزیستی با سایر گیاهان
۷۸.....	۳. تداخل میکروارگانیسم‌ها و جانوران
۷۹.....	نقش میکروارگانیسم‌ها در تغذیه جانوران
۷۹.....	۱. چریدن
۸۰.....	۲. صاف کردن
۸۰.....	۳. پرورش میکروارگانیسم‌ها توسط جانوران به عنوان غذا
۸۵.....	هضم در شکمبه جوندگان
۸۸.....	همزیستی جانوران با میکروارگانیسم‌های فتوسنتز کننده
۸۹.....	شکار جانوران توسط برخی از قارچ‌ها
۸۹.....	تولید نور در اثر رابطه همزیستی جانور و میکروب
۹۰.....	جنبه‌های اکولوژیکی بیماری‌های جانوری
۹۱.....	خلاصه گفتار اول
۹۴.....	خودآزمایی گفتار اول

۱۰۱.....	گفتار دوم - میکروشناسی خاک
۱۰۱.....	پیشگفتار
۱۰۳.....	تاریخچه و دورنمای میکروبیولوژی خاک
۱۰۶.....	نحوه تشکیل و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک
۱۱۰.....	لایه‌بندی خاک
۱۱۱.....	اثر متقابل عوامل محیطی خاک و میکروارگانیسم‌ها بر یکدیگر
۱۱۱.....	ساختمان خاک
۱۱۲.....	هوای خاک
۱۱۳.....	آب خاک
۱۱۳.....	PH خاک
۱۱۴.....	حرارت خاک
۱۱۵.....	تداخل عوامل محیطی
۱۱۷.....	میکروارگانیسم‌های خاک

۱۱۷.....	ویروس ها
۱۱۸.....	باکتری ها
۱۱۹.....	آرتروباکترها
۱۱۹.....	سردوموناس ها
۱۲۰.....	باسیل های اسپورزا
۱۲۱.....	باکتری های میله ای غیر اسپورزا
۱۲۱.....	اکتومیسست ها
۱۲۲.....	سیانوباکتری ها
۱۲۳.....	قارچ ها
۱۲۸.....	جلیک ها
۱۲۸.....	گل سنگ ها
۱۳۰.....	پروتوزوآ ها
۱۳۱.....	رابطه میکروارگانیسم ها و گیاهان عالی
۱۳۵.....	تغییر و تبدیل میکروبی ترکیبات یا چرخه های ژئوشیمیایی مواد
۱۳۶.....	چرخه کربن
۱۳۷.....	۱. میکروارگانیسم ها و انتقال کربن در زنجیره غذایی
۱۴۰.....	۲. گردش کربن در داخل یک محیط
۱۴۰.....	۳. متانوزن و متیلوتروفي
۱۴۱.....	۴. استوزن
۱۴۱.....	۵. گردش منواکسیدکربن CO
۱۴۳.....	۶. تجزیه میکروبی پلی ساکاریدها
۱۴۵.....	۷. تجزیه میکروبی لیکنین
۱۴۵.....	۸. تجزیه میکروبی سموم
۱۴۵.....	چرخه های هیدروژن و اکسیژن
۱۴۵.....	۱. چرخه هیدروژن
۱۴۷.....	۲. چرخه اکسیژن
۱۴۹.....	چرخه ازت
۱۵۴.....	۱. تثبیت ازت ملکولی
۱۵۵.....	۲. آمونیفیکاسیون
۱۵۶.....	۳. نیتریفیکاسیون
۱۵۸.....	۴. احیاء نیترات و دنیتریفیکاسیون
۱۵۹.....	چرخه گوگرد
۱۶۱.....	۱. تغییرات اکسایشی گوگرد

۱۶۳.....	۲. تغییرات کاهشی گوگرد.....
۱۶۴.....	چرخه فسفر.....
۱۶۶.....	چرخه آهن.....
۱۶۷.....	خلاصه گفتار دوم.....
۱۷۰.....	خودآزمایی گفتار دوم.....
۱۷۷.....	گفتار سوم - میکروشناسی هوا.....
۱۷۷.....	پیشگفتار.....
۱۷۹.....	ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هوا.....
۱۷۹.....	لایه‌های مختلف هوا.....
۱۸۰.....	حرکت هوا در تروپوسفر.....
۱۸۱.....	گردش آب در تروپوسفر.....
۱۸۲.....	سایر عوامل موثر بر میکروارگانیسم‌های هوا.....
۱۸۳.....	میکروارگانیسم‌های هوا.....
۱۸۳.....	الف) هوای محیط‌های باز.....
۱۸۴.....	۱. رها شدن میکروب‌ها در هوا.....
۱۸۸.....	۲. انتشار میکروارگانیسم‌ها در هوا و عوامل موثر بر آن.....
۱۸۹.....	۳. ذخیره شدن میکروارگانیسم‌های هوا.....
۱۹۱.....	۴. تنوع و پراکندگی میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های باز.....
۱۹۳.....	ب) هوای محیط‌های بسته.....
۱۹۴.....	منابع میکروبی فضاها و بسته.....
۱۹۵.....	۱. میکروبیولوژی سطوح بدن جانوران و انسان.....
۱۹۷.....	۲. میکروارگانیسم‌ها و دستگاه تنفسی انسان.....
۱۹۹.....	بیماری‌هایی که از راه هوا انتقال می‌یابند و کنترل آنها.....
۱۹۹.....	۱. عفونت‌ها.....
۲۰۰.....	۲. حساسیت‌ها.....
۲۰۱.....	۳. بیماری‌های تنفسی شغلی.....
۲۰۲.....	اهداف و روش‌های مطالعه میکروبیولوژیکی هوا.....
۲۰۴.....	خلاصه گفتار سوم.....
۲۰۵.....	خودآزمایی گفتار سوم.....
۲۰۷.....	گفتار چهارم - میکروبیولوژی آب.....
۲۰۷.....	پیشگفتار.....
۲۰۹.....	اقیانوس‌های سطح کره زمین و دریاچه‌های شور است.....

۲۰۹.....	۱. حرارت و تراکم مولکولی آب.....
۲۱۱.....	۲. اسیدیته یا "PH" آب.....
۲۱۲.....	۳. تراکم اکسیژن و گاز کربنیک در آب.....
۲۱۴.....	۴. شوری آب.....
۲۱۷.....	۵. نور خورشید.....
۲۱۷.....	۶. جریان‌های آب.....
۲۱۸.....	۷. مواد غذایی.....
۲۱۹.....	۸. فشار.....
۲۲۰.....	میکروارگانیسم‌های آبی.....
۲۲۰.....	۱. میکروبیولوژی آب‌های شیرین.....
۲۲۳.....	۲. میکروبیولوژی اقیانوس‌ها و آب‌های شور.....
۲۲۵.....	جمعیت‌های میکروبی آب‌ها.....
۲۲۶.....	۱. پلانکتون‌ها.....
۲۲۸.....	۲. میکروارگانیسم‌های اپیپ سامون.....
۲۲۹.....	۳. میکروارگانیسم‌های اپی‌پلون.....
۲۲۹.....	۴. نوستون.....
۲۳۰.....	زنجیره غذایی در آب‌ها.....
۲۳۲.....	روش‌های بررسی توده‌های میکروبی در آب‌ها.....
۲۳۲.....	۱. شمارش سلول‌های میکروبی.....
۲۳۳.....	۲. تخمین توده سلولی.....
۲۳۳.....	۳. سنجش فعالیت متابولیکی سلول‌ها.....
۲۳۴.....	خلاصه گفتار چهارم.....
۲۳۵.....	خودآزمایی گفتار چهارم.....
۲۳۷.....	گفتار پنجم - میکروبیولوژی آب آشامیدنی.....
۲۳۷.....	پیشگفتار.....
۲۳۸.....	اهمیت آب و گردش آن در طبیعت.....
۲۴۰.....	آب آشامیدنی و میکروب‌ها.....
۲۴۲.....	۱. باکتری‌ها.....
۲۴۳.....	۲. ویروس‌ها.....
۲۴۴.....	۳. تک یاختگان یا پروتوزوئرها.....
۲۴۵.....	بررسی میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی.....
۲۴۵.....	تشخیص آلودگی آب.....

۲۴۷.....	روش‌های استاندارد تشخیص آلودگی
۲۴۸.....	تصفیه آب‌های آشامیدنی
۲۴۹.....	۱. مرحله رسوب‌دهی
۲۵۰.....	۲. مرحله صاف کردن به کمک صافی شنی
۲۵۰.....	۳. مرحله ضدعفونی کردن
۲۵۲.....	خلاصه گفتار پنجم
۲۵۳.....	خودآزمایی گفتار پنجم
۲۵۵.....	گفتار ششم - میکروبیولوژی فاضلاب‌ها
۲۵۵.....	پیشگفتار
۲۵۶.....	فاضلاب‌ها و تأثیر آنها بر طبیعت
۲۶۰.....	میکروارگانیسم‌ها و نقش آنها در فاضلاب‌ها
۲۶۲.....	تصفیه فاضلاب‌ها
۲۶۳.....	مراحل مختلف تصفیه
۲۶۴.....	۱. تصفیه اولیه
۲۶۵.....	۲. تصفیه ثانویه
۲۶۶.....	الف) سیستم لجن فعال و حوضچه‌های هوادهی
۲۶۷.....	ب) سیستم صافی قطره‌ای
۲۶۹.....	هضم لجن
۲۷۲.....	۳. تصفیه نهایی
۲۷۴.....	ترکیبات مقام به تجزیه یا تجزیه‌ناپذیر
۲۷۵.....	خلاصه گفتار ششم
۲۷۷.....	خودآزمایی گفتار ششم
۲۷۸.....	فهرست منابع

راهنمای مطالعه

کتابی که در دست مطالعه دارید، برای یادگیری هر چه بهتر شما به صورت خودآموز تهیه شده است. سعی شده است تا نگارش و تنظیم مطالب به گونه‌ای باشد که بتوانید مطالعه را آسان‌تر درک کنید و آنها را به ذهن بسپارید.

به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و درک بهتر مفاهیم این کتاب، به پیشنهادهای زیر دقیقاً توجه کنید:

۱. مطالعه را در زمان فراغت در محیطی آرام و با تمرکز کامل انجام دهید.
 ۲. پیش از آغاز مطالعه هدف آموزش نهایی کتاب را که در مقدمه آمده است به دقت بخوانید. این هدف‌ها شما را راهنمایی می‌کنند که ضمن مطالعه کتاب باید در فهم چه مطالبی باشید و چگونه تشخیص دهید که مطالب ضروری را آموخته‌اید. به علاوه این هدف‌ها به شما نشان می‌دهد که در پایان مطالعه و یادگیری این درس، باید در چه زمینه‌هایی مهارت یابید. برای رسیدن به هدف نهایی کتاب باید همه گفتارها را مطالعه و درک کنید در هر گفتار نیز هدفهای آموزشی کلی و جزئی روش مطالعه و انتظار نهایی ما از شما را تعیین می‌کنند.
- اگر بتوانید هدف‌های آموزشی کلی و جزئی هر گفتار دست یابید، در مجموع به هدف‌های نهایی کتاب رسیده‌اید. برای کسب توانایی رسیدن به اهداف کلی کتاب باید تمامی کتاب، یعنی گفتارهای مختلف را به دقت مطالعه و درک کنید.
- در هر گفتار نیز هدف‌های آموزشی کلی و جزئی تعیین شده است. این کتاب، به عنوان خودآموز، همانند استاد می‌تواند شما را در یادگیری مطالب مورد نظر راهنمایی کند. هدف آموزش کلی و جزئی هر گفتار، باید ابتدا هدف‌های کلی و جزئی آن را مطالعه کنید. هنگامی که هدفی را برای اولین بار می‌خوانید ممکن است مفهوم آن را به طور کامل درک نکنید. این مسئله چندان غیرعادی نیست. پس از مطالعه متن و ضمن

مراجعات مجدد به این هدف‌ها، یقیناً پس از پایان مطالعه مفهوم هدف‌ها را کاملاً درک خواهید کرد و به اهمیت آنها پی خواهید برد.

۳. در هنگام مطالعه هر گفتار، متن آن گفتار را یک بار به طور سریع مطالعه کنید. در این مطالعه با مرور سریع یادگیری همه مطالب ضروری نیست. این کار به شما کمک می‌کند تا دید جامعی در مورد مطالب هر گفتار به دست آورید و سپس در مطالعه دقیق‌تر در بار دوم مطالب مهم را بهتر بیاموزید. در پایان مرور اولیه، به عنوان تمرین، برای خود و دیگران، به طور مختصر توضیح دهید که اصول کلی در آن گفتار چه بوده است و چگونه قوانینی مطرح شده‌اند. در هر بار مطالعه به هدف‌های جزئی و کلی آن گفتار مراجعه کنید تا اطمینان یابید که به نکات مهم توجه کافی داشته‌اید و مطالب اصلی را درک کرده‌اید.

۴. مثال‌ها و اسامی مختلف گیاهی، جانوری یا میکروبی که در طول کتاب ذکر شده‌اند تنها برای آشنایی شما با وسعت بررسی‌ها و مسائل اصلی در میکروبی‌شناسی محیطی هستند به خاطر سپردن دو نمونه در هر مورد برای شما کافی است. سعی نکنید تا با خسته کردن ذهن خود امکان درک مطالب را کاهش دهید. به همین ترتیب جداول مختلف برای کمک به یادگیری شما تنظیم شده است و به خاطر سپردن جزئیات ذکر شده در آنها برای شما ضروری نیست. در اختیار داشتن این مطالب می‌تواند در صورت علاقه‌مندی شما به یکی از مباحث به شما کمک کند که اطلاعات بشری در زمینه مورد علاقه خود کسب کنید.

۵. در پایان هر گفتار، کتاب را ببندید و مطالب اصلی آن گفتار را در ذهن خود مرور کنید و سپس با دقت و حوصله کافی به سؤالات طرح شده در خودآزمایی مربوط به هر گفتار پاسخ دهید. این خودآزمایی‌ها به شما کمک می‌کند تا از دستیابی به هدف‌های جزئی و کلی هر گفتار اطمینان حاصل نمایید. بهتر است پس از خواندن هر پرسش، پاسخ خود را یادداشت کنید و در پایان برای اطمینان از صحت پاسخ‌ها، به متن مراجعه نمایید و از درست بودن پاسخ‌ها اطمینان پیدا کنید.

۶. مطالبی که به صورت زیرنویس آمده‌اند، اغلب برای تشریح و بیان واضح‌تر واژه‌هایی است که در متن به آنها اشاره شده است.

۷. اشکال و منحنی‌ها برای تجسم بهتر و آموزش ساده‌تر مطالب است و رسم آنها برای شما ضروری نیست. به علاوه به خاطر سپردن جزئیات آنها نیز برای شما لازم نیست. مطالعه کلی این تصاویر به یادگیری مطالب ذکر شده در متن کتاب کمک می‌کند.

۸. گفتار اول که در مورد اکولوژی میکروبی است در مقایسه با گفتارهای بعدی سنگینی و پیچیدگی بیشتری دارد و شاید نیمی از وقت شما را برای مطالعه، کتاب بگیرد ولی نگران نباشید و از پیچیدگی روابط نهراسید. آنچه شما در این گفتار می‌آموزید، پایه و اساس همه مطالب در گفتارهای بعدی است. بنابراین اگر مطالب این گفتار را با حوصله و دقت و هدف و دقت کافی بیاموزید، اطمینان داشته باشید که مباحث بعدی را بدون هیچ‌گونه اشکالی خواهید آموخت. درک روابط موجود میان موجودات زنده در طبیعت به صورت همه جانبه و با تأثیرپذیری از مجموعه عوامل محیطی متغیر، اساس، پایه و دشوارترین متن آموزش و مبانی میکروبیولوژی محیطی است. اگر شما در این گفتار بیاموزید که چگونه درباره به طور مجرد فکر نکنید میکروارگانیسم‌ها را در طبیعت، در یک رابطه متقابل با یکدیگر، با سایر موجودات زنده و با عوامل مختلف محیطی ببینید. جوهر علم میکروبیولوژی محیطی را به دست آورده‌اید. پس سعی کنید تا گفتار اول را به دقت و تعمق کافی بیاموزید و از شیرینی و درک شگفتی‌های آن لذت ببرید. همواره به خاطر داشته باشید که بررسی یک موجود زنده از میکروارگانیسم‌ها در محیط آزمایشگاهی و به طور مجرد یک دیاست ولی بررسی همین موجود در طبیعت و در حال تأثیرگذاری بر محیط و تأثیرپذیری از آن چندین دنیای مختلف است که در حالت ترکیب با هم جهانی حیرت‌آور با ویژگی‌های جدید و نو را پدید می‌آورد.

همان گونه که شناخت عناصر به صورت جداگانه به مراتب ساده‌تر است تا ترکیبات مختلف همین عناصر با یکدیگر. پس سعی کنید که به ویژه در هنگام مطالعه گفتار اول ذهن خود را آموزش و تمرین بدهید که درباره موجودات زنده در طبیعت بیندیشید و نه در آزمایشگاه. اگر در این زمینه موفق شوید یقیناً به هدف اصلی کتاب دست یافته‌اید.

موفق باشید.

مقدمه

میکروبیولوژی محیطی، به عنوان علم بررسی میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های طبیعی از جدیدترین و هیجان‌انگیزترین شاخه‌های علم میکروب‌شناسی است. در این شاخه از علم میکروبیولوژی، پس از قرن‌ها تلاش برای جدا کردن میکروب‌ها از محیط و بررسی دقیق آنها در محیط‌های آزمایشگاهی، حرکت و تلاش اصلی در بازگرداندن آنها به محیط و بررسی آنها در محیط‌های طبیعی است. آنچه مسلم است موجودات زنده در محیط‌های طبیعی فعالیت‌ها و واکنش‌های متفاوتی را با آنچه که در آزمایشگاه نشان داده بودند از خود بروز می‌دهند. شناخت و درک علت و چگونگی این عملکرد و تفاوت‌ها در بسیاری از موارد از فهم و کشف مکانیسم‌های عمل آنها در آزمایشگاه‌ها دشوارتر و پیچیده‌تر است.

به علاوه، از آنجا که میکروارگانیسم‌ها، به عنوان موجودات ریز میکروسکوپی نقش اساسی را در فعال بودن اکوسیستم‌ها دارند و بدون حضور آنها، ادامه حیات سایر موجودات زنده نیز میسر نخواهد بود، لذا بررسی نقش آنها در اکوسیستم‌های مختلف خشکی و آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شناخت اثرات متقابل میکروارگانیسم‌ها و جانوران بر یکدیگر برای متخصصان شاخه‌های مختلف علوم جانوری ضروری است و آشنایی با اثرات متقابل میکروارگانیسم‌ها و گیاهان برای همه گیاه‌شناسان حیاتی خواهد بود. کشاورزی و محیط زیست بدون دانش کافی از میکروبیولوژی محیطی کارایی لازم و دقت کافی را نخواهند داشت. بنابراین مطالعه اصول اولیه و مبانی علم میکروبیولوژی محیطی برای همه متخصصان و دانشجویان علوم زیستی ضروری به نظر می‌رسد.

هدف آموزشی نهایی کتاب حاضر علاوه بر معرفی این شاخه، نوپای علم میکروب‌شناسی عبارت است از:

شناخت و درک اصول اولیه و قوانین اصلی حاکم بر روابط متقابل میان میکروارگانیسم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و سایر موجودات زنده و میکروارگانیسم‌ها و عوامل غیر زنده محیطی، و آشنایی با نقش میکروب‌ها در اکوسیستم‌های خشکی و آب. برای راه‌یابی به هدف‌های آموزشی بالا، مطالب این کتاب در شش گفتار به ترتیب زیر تنظیم شده است:

گفتار اول شما را با تاریخچه و اهمیت اکولوژی میکروبی به عنوان مبنای اصلی علم میکروبیولوژیکی محیطی آشنا می‌کند. در این گفتار با پدیده تداخل میکروب‌ها با یکدیگر و تداخل میکروب‌ها با محیط زنده و غیر زنده اطراف خود آشنا می‌شوید و نمونه‌های جالبی از این اثرات مختلف مثبت، منفی و خنثی را می‌آموزید.

گفتار دوم شما را با خاک به عنوان یک محیط زنده و فعال آشنا می‌سازد و نقش میکروارگانیسم‌ها در زندگی گیاهان و اهمیت آنها در فرایندهای حیاتی و چرخه‌های مختلف بیوژئوشیمیایی را تشریح می‌کند.

گفتار سوم به بررسی میکروارگانیسم‌های هوا، نحوه انتقال و جابه‌جایی آنها و اهمیت آنها در طبیعت می‌پردازد.

گفتار چهارم شما را با آب‌های طبیعی مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و دریا به عنوان یک محیط زیست زنده و فعال میکروبی آشنا می‌سازد و نقش میکروارگانیسم‌ها را در چرخه‌های اکولوژیکی در این محیط‌ها به خوبی نشان می‌دهد.

گفتار پنجم به بیان اصول میکروب‌شناسی آب‌های آشامیدنی می‌پردازد. و بالاخره گفتار ششم نقش میکروارگانیسم‌ها در فاضلاب‌ها و تصفیه فاضلاب‌ها را تشریح می‌کند و شما را با اهمیت روزافزون کاربرد میکروبیولوژی در تصفیه فاضلاب‌های مختلف و سایر مواد زائد دفعی آشنا می‌سازد.

در مجموع، سعی شده است تا سازمان‌دهی و توالی منطقی مطالب شما را در دست‌یابی به اهداف کلی کتاب یاری دهد و به معرفی این شاخه پویا و نوین میکروب‌شناسی کمک کند.

گفتار اول

اکولوژی میکروبی

پیشگفتار

میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های تحت کنترل آزمایشگاهی، ویژگی‌ها و خواصی را بروز می‌دهند که می‌تواند با رفتار آنها در محیط‌های طبیعی متفاوت باشد. دلیل این امر آن است که در محیط‌های آزمایشگاهی، گاه روابط متقابل میکروارگانیسم‌ها با محیط زنده و غیر زنده اطراف خود موجب می‌شود تا بسیاری از پیش‌بینی‌های آزمایشگاهی در محیط تحقق نیابد.

این مسئله، اهمیت و ضرورت مطالعه میکروارگانیسم‌ها را در محیط‌های زندگی غیر از آزمایشگاهی روشن می‌سازد.

اکولوژی میکروبی به عنوان یکی از مباحث وسیع و عمیق میکروبی‌شناسی نوین، دربرگیرنده جالب‌ترین و حیرت‌انگیزترین اثرات متقابل موجودات زنده بر یکدیگر، به منظور حفظ تعادل و بقا حیات در جهان است. اهمیت آشنایی با مبانی اکولوژی میکروبی، به ویژه در مطالعه میکروبی‌شناسی محیطی انکارناپذیر بوده و در واقع باید گفت که بدون درک صحیح از اصول اولیه روابط متقابل میکروارگانیسم‌ها با یکدیگر و با سایر موجودات زنده نمی‌توان به جهان شگفت‌انگیز میکروبی‌شناسی محیطی قدم گذاشت.

میکروب‌ها، به عنوان موجودات زنده و فعال، از محیط زنده اطراف خود تأثیر پذیرفته و متقابلاً بر آن تأثیر می‌گذارند.

بنابراین می‌توان گفت که شرایط محیطی، تعیین کننده نوع میکروارگانیسم‌های هر محیط بوده و همچنین میکروب‌های موجود در هر محیط نیز بر شرایط کلی محیط و کمیت و کیفیت موجودات زنده آن مؤثراند.

به این ترتیب هدف کلی این گفتار عبارت است از:

«آشنایی با اصول و قوانین اکولوژی میکروبی به عنوان علم تأثیر متقابل میکروارگانیسم‌ها و محیط‌های زنده و غیر زنده اطراف آنها بر یکدیگر و چگونگی و انواع این روابط.»

- برای دستیابی به این هدف آموزشی باید به هدف‌های جزئی زیر دست یابید:

 ۱. انواع روش‌های مطالعه مستقیم و غیر مستقیم میکروارگانیسم‌ها در محیط را بدانید.
 ۲. با تجزیه و تخریب مواد و ترکیبات مختلف آلی و معدنی، توسط میکروب‌ها آشنا شوید و در هر مورد حداقل دو نمونه را به خاطر بسپارید.
 ۳. با نمونه‌هایی از کاربرد میکروارگانیسم‌ها در تجزیه مواد زائد و مضر و تهیه مواد جدید قابل استفاده آشنا شوید.
 ۴. با مفاهیم و ویژگی‌های کلی میکرواکوسیستم‌ها مانند میکرومحیط‌ها، اتصال به سطوح، جریان انرژی در زنجیره‌های غذایی پوده‌ای و چرایی و چرخه‌های مواد غذایی در طبیعت آشنا شوید.
 ۵. وجود اشتراک و تفاوت‌های اکوسیستم‌ها و میکرواکوسیستم‌ها را بدانید.
 ۶. بتوانید تداخل در یک جمعیت واحد میکروبی (تداخل مثبت و منفی) را بیان کرده و اصول کلی در مورد این اثرات متقابل را بدانید.
 ۷. با انواع تداخل میان جمعیت‌های میکروبی مختلف مانند رابطه خشتی، همسفرگی، همکاری، همزیستی، رقابت، هم‌آزادی، شکار و انگلی به دقت آشنا شوید و بتوانید آنها را با یکدیگر تفکیک کرده در هر مورد حداقل ۲ نمونه را به خاطر بسپارید.
 ۸. با روابط متقابل میکروارگانیسم‌ها با قسمت‌های مختلف گیاهی مانند ریشه، ساقه، برگ و غیره آشنا شوید.

۹. روابط مختلف میکروارگانیسم‌ها را با ریشه گیاهان شامل همکاری، همزیستی برای تثبیت ازت، میکروب‌زایی و بیماری‌زایی شناسید و انواع و تفاوت‌های عمده آنها را بیاموزید.
۱۰. روابط متقابل میکروارگانیسم‌ها، با اندام‌های هوایی گیاهان را شناخته و با اهمیت و انواع آن آشنا شوید.
۱۱. اهمیت میکروارگانیسم‌ها، در تغذیه جانوران به روش‌های چرای و صاف کردن را یاد بگیرید.
۱۲. نقش میکروارگانیسم‌های مختلف در هضم مواد غذایی در شکمبه جوندگان بدانید.
۱۳. و در پایان به پیچیدگی‌های موجود در اکولوژی میکروبی و لزوم دقت و تأمل در بررسی‌های میکروب‌شناسی محیطی پی ببرید.

مقدمه و تاریخچه

اکولوژی میکروبی علم مطالعه میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های زندگی خود و ارتباط متقابل آنها با یکدیگر، با محیط و با سایر موجودات زنده است. این محیط‌ها شامل محیط‌های طبیعی، شهری، صنعتی و همه محیط‌هایی که میکروارگانیسم‌ها در آن یافت می‌شوند.

امروزه کمتر محیطی را می‌توان یافت که به گونه‌ای تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار نگرفته باشد و در نتیجه دانش اکولوژی میکروبی در محیط‌های مصنوعی یا طبیعت دست خورده توسط انسان، اهمیت کمتری از محیط‌های طبیعی بکر ندارد.

میکروارگانیسم‌ها به عنوان موجودات ریز میکروسکوپی، به دلیل مشکل شناخت و بررسی با چشم غیر مسلح، گرچه از قدیمی‌ترین موجودات زنده کره زمین هستند، اما تا اواسط قرن ۱۷ میلادی هیچ‌گونه گزارشی در مورد وجود و فعالیت آنها در دست نبود. در این زمان «آنتونی ون لوون هوک» از طریق انجمن سلطنتی انگلستان وجود چنین موجوداتی را اعلام کرد و سپس در قرن ۱۹، پایه‌های مطالعه دقیق میکروبی در

کشت خالص آزمایشگاهی به وسیله «لویی پاستور»^۱ «جان تیندال»^۲ و «رابرت کخ»^۳ استوار شد.

در این دوران وجود و حضور سایر میکروارگانیسم‌ها در کنار یک میکروب مورد نظر. تنها نشانه آلودگی، دردسر و مزاحمت بود و این دیدگاه محدود مانع بزرگی را بر سر راه مطالعه میکروب‌ها در محیط‌های طبیعی خود و روابط متقابل میکروارگانیسم‌ها با یکدیگر موجب می‌شد.

میکروب‌شناسی محیطی، علاوه بر بررسی میکروارگانیسم‌ها در کشت خالص، به مطالعه و شناخت چگونگی اثر آنها در تغییرات محیطی می‌پردازد و در نتیجه وابستگی زیادی به اکولوژی میکروبی و در نتیجه روش‌های لازم برای درک و شناخت اثرات متقابل میکروب‌ها در تحت شرایط خاص و در یک محیط غیر آزمایشگاهی دارد.

اگر قرن ۱۹ را قرن کشت خالص در تاریخچه علم میکروب‌شناسی بدانیم. باید قرن بیستم را قرن آغاز اکولوژی میکروبی و قرن بیست و یکم را قرن میکروبیولوژی میکروبی دانست. لذا بررسی و شناخت اکولوژی میکروبی می‌تواند افق‌های جدیدی را در علم میکروب‌شناسی به روی ما بگشاید.

در اواخر قرن ۱۹، تحقیقات میکروب‌شناسان، نقش فعالیت‌های متابولیکی میکروارگانیسم‌ها را در فرایندهای اکولوژیکی مشخص کرد. از آن جمله پاستور با تحقیقات خود اهمیت میکروب‌ها را در تجزیه و فساد مواد آلی روشن نمود. در سال ۱۸۳۹ «نیکلاس تئودور دو ساسور»^۴، مشاهدات خود را در مورد توان خاک در اکسید کردن گاز هیدروژن گزارش نمود. از آنجا که این فعالیت خاک می‌توانست با اضافه کردن محلول کلورسیدیم ۲۵٪ و یا محلول اسیدسولفوریک ۱٪ و حرارت‌دهی، از بین برود، وی به درستی نتیجه گرفت که این اکسیداسیون یک فرایند میکروبی است، هر چند باکتری‌های اکسید کننده هیدروژن در دهه اول قرن بیستم جدا شدند. در سال ۱۸۷۹ «ج.ت. شلوزینگ»^۵ و «م.مونتز»^۶، گزارش کردند که آمونیاک موجود در فاضلاب، در حین عبور از یک ستون شنی، اکسیده و تبدیل به نیترات می‌شود. این فعالیت

1- Louis Pasteur

2- John Tyndal

3- Robert Koch

4- Nicolas – Theodore de Sausure

5- J.T.Schlosing

6- M.Muntz

نیتریفیکاسیون ستون شنی، در اثر بخار کلروفرم ناپدید می‌شد و با تلقیح سوسپانسیون خاک مجدداً احیا می‌گشت. لذا در این مورد نیز فعالیت نیتریفیکاسیون توسط میکروارگانیسم‌های خاک می‌توانست تنها بیان منطقی این امر باشد.

کلیه اطلاعات فوق، بدون استفاده از روش‌های کشت خالص میکروبی به دست آمد، ولی دیری نگذشت که «سرگی وینوگراسکی»^۱، دانشمند روسی در سال ۱۸۹۰، موفق به جداسازی باکتری‌های شوره‌زا یا نیتریفیه شد. این دانشمند ظهور اکولوژی میکروبی را به عنوان یک زمینه تخصصی کاری اعلام نمود. «وینوگراسکی» در دوران حیات پر کار خود، اکسیداسیون میکروبی گوگرد، هیدروژن گوگرد، هیدروژن سولفید و نیز آهن دو ظرفیتی را نشان داد و پدیده شیمیواتروفی را معرفی کرد. به علاوه این دانشمند باکتری‌های بی‌هوازی تثبیت کننده ازت را تشریح نموده و نکاتی را در مورد احیاء نیترات و تثبیت ازت به روش همزیستی روشن نمود. «وینوگراسکی» میکروارگانیسم‌های خاک را بر مبنای نحوه تغذیه آنها به دو گروه «اتوکتنوس»^۲ (مصرف کننده هموس) و «زیموجنوس»^۳ (فرصت طلب) تقسیم کرد و به عنوان پایه‌گذار میکروب‌شناسی شناخته شد.

در سال ۱۹۰۵، یعنی تقریباً نیم قرن قبل از ظهور اکولوژی میکروبی، میکروب‌شناس هلندی «مارتین بیجرنیک»^۴، اعلام نمود که نحوه بررسی میکروب‌ها توسط او، اکولوژی میکروبی است، زیرا که موضوع آن رابطه شرایط محیطی با اشکال ویژه حیات در میکروارگانیسم‌هاست. این دانشمند در سال ۱۸۸۸، عامل تثبیت هوازی همزیست و غیر همزیست ازت را جدا نمود، و نیز باکتری‌های احیاء کننده سولفات را در سال ۱۹۰۱ در کشت خالص نشان داد. او به این اصل معتقد بود که همه چیز در همه جا هست و این محیط است که باعث انتخاب و رشد می‌شود. پس از ارائه گزارش‌های مربوط به متان‌زایی^۵، متانوتروفی^۶ و جداسازی باکتری‌های هیدروژن، اصول چرخه‌های میکروبی مواد روشن شد. «کلویور»^۷ ضمن بررسی‌های وسیع در زمینه فیزیولوژی میکروبی، تعداد زیادی از میکروارگانیسم‌های اکسید کننده، تخمیر کننده و

1- Sergei Winogradsky

2- Atochtunous

3- Zymogenous

4- Mairtinous Bei jernick

5- Methanogenes

6- Methanotrophy

7- Kluyver

شیمیوتروف را که شامل انواع متابولیسمی غیر متداول بودند مورد مطالعه قرار داد. او ضمن مطالعه میکروب‌ها به روش مقایسه‌ای، نشان داد که ویژگی‌های متابولیکی یکسانی در جهان میکروبی وجود دارد.

یکی از شاگردان «کلپور» به نام «ون نیل»^۱، مطالعات ارزشمندی را در مورد باکتری‌های فتوتروف انجام و نقش مشابه H_2O و H_2S را در فرایندهای فتوسنتز در باکتری‌های گوگردی و گیاهان سبز نشان داد.

«ون نیل» با مطالعه بر روی سودوموناس‌ها نشان داد که میکروارگانیسم‌ها قادر به تجزیه ترکیبات آلی پیچیده هستند. این دانشمند، پایه‌گذار دوره‌های عملی در زمینه میکروبیولوژی محیطی بود. پس از آن، «رابرت هونگیت»^۲، با تکیه بر باکتری‌های بی‌هوازی اجباری و ابداع روش‌های کشت آنها، چگونگی متابولیسم میکروبی در محیط را بیشتر بررسی کرد و سپس با مطالعه میکروارگانیسم‌های شکمبه گاو و دستگاه گوارش حشرات موفق شد تا تأثیرات پیچیده و متقابل جمعیت‌های میکروبی را در طبیعت مشخص نماید. وی به عنوان رئیس انجمن میکروب‌شناسی آمریکا، در سال ۱۹۷۰، کمیته میکروب‌شناسی محیطی را در این انجمن بنیان نهاد. در همان سال، انجمن بین‌المللی میکروب‌شناسی، یک کمیته بین‌المللی اکولوژی میکروبی را به ریاست «مارتین الکساندر»^۳ ایجاد کرد.

به این ترتیب در سال ۱۹۷۰ اهمیت نقش میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های طبیعی رسماً شناخته شده و اصول اکولوژی میکروبی تعیین گردید. از سال ۱۹۷۷ تاکنون، سمپوزیوم‌های مختلف اکولوژی میکروبی به طور مرتب هر سه سال یکبار تشکیل شده است (۱- نیوزیلند ۱۹۷۷، ۲- انگلستان ۱۹۸۰، ۳- آمریکا ۱۹۸۳، ۴- یوگسلاوی ۱۹۸۶، ۵- ژاپن ۱۹۸۹، ۶- اسپانیا ۱۹۹۲).

اکولوژی میکروبی و اکوسیستم

در نیمه اول قرن بیستم، میکروب‌شناسان توجه و علاقه ناچیزی به اصول و عوامل اکولوژی داشتند، و اکولوژیست‌ها نیز پدیده‌هایی مانند تجزیه و فساد مواد و چرخه‌های غذایی معدنی را بدون توجه به میکروب‌ها مطالعه می‌کردند. در این زمان حتی اگر

1- C.B. Van Neil

2- Robert Hungate

3- Martin Alexander

اکولوژیست‌ها می‌خواستند که فرایندهای چرخه مواد را، که به حق میکروب‌ها در آن نقش تعیین کننده‌ای دارند، به درستی و با توجه به میکروارگانیسم‌ها مطالعه کنند، میکروب‌شناسان قادر نبودند تا اطلاعات کافی در این زمینه را در اختیار آنان قرار دهند. در نتیجه اکولوژی در این دوران صرفاً مشاهده محیط طبیعی و میکروب‌شناسی صرفاً یک مطالعه آزمایشگاهی، با استفاده از کشت خالص بود.

در سال ۱۹۳۴، در یک آزمایش ساده نشان داده شد که برخی از پروتوزوئرها مانند پارامسیوم بورساریا^۱ از پاره‌ای مخمرها تغذیه می‌کنند که نمونه وجود یک زنجیره غذایی در دنیای میکروبی است. با این حال این مسئله بیشتر مورد توجه جانورشناسان و اکولوژیست‌ها قرار گرفت تا میکروب‌شناسان. در اوایل قرن بیستم زبان مشترک و ارتباط لازم میان دو گروه اکولوژیست‌های کلاسیک و اکولوژیست‌های میکروب‌شناس وجود نداشت. با این حال در این دوران روش‌هایی ابداع شد که امکان مطالعه میکروب‌ها را نیز مشابه اکولوژی کلاسیک فراهم می‌ساخت، در میان این روش‌ها باید از روش تماس لام نام برد. در این روش لام میکروسکوپی را در خاک و یا رسوبات فرو می‌برند، تا میکروب‌ها در سطح آن رشد کنند. خارج کردن آرام لام، و مطالعه دقیق آن در زیر میکروسکوپ، نحوه رشد و تداخل میکروارگانیسم‌ها را در محیط طبیعی نشان می‌دهد (۱۹۳۱، ۱۹۳۶). این بررسی‌های اولیه مبنای مطالعات بعدی را در اکولوژی میکروبی تشکیل داد. استفاده از روشهای جدیدتر و میکروسکوپ الکترونی در این زمینه، در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد. اغلب این تحقیقات، در مورد وجود مواد آلوده کننده مصنوعی در محیط و امکان چگونگی تجزیه آنها توسط میکروب‌ها بود. زمانی که «مارتین الکساندر» نشان داد که برخی از مواد ساخته دست بشر، به وسیله میکروب‌ها قابل تجزیه نیستند، تحقیقات وسیعی در زمینه تجزیه‌پذیری مواد آلوده کننده آغاز شد. در اواخر دهه ۱۹۶۰ «رونالد اطلس»^۲ و «ریچارد بارتا»^۳ شروع به مطالعاتی در زمینه تجزیه بیولوژیکی آلوده کننده‌های نفتی در دریا کردند و به این ترتیب استفاده از فعالیت‌های متابولیکی میکروارگانیسم‌ها. در از بین بردن آلوده کننده‌های محیطی آغاز شد، و نقش آلوده کننده‌هایی مانند DDT، جیوه، ترکیبات فنلی و غیره در شبکه غذایی

1- Paramecium bursaria

2- Ronald Atlas

3- Richard Bartha