

اکولوژی: چگونه اکوسیستم‌ها کار می‌کنند؟

هدف‌های رفتاری: با مطالعه‌ی این فصل فراگیر خواهد توانست:

- ۱- جایگاه انسان را در طبیعت شرح دهد.
- ۲- اکولوژی را تعریف کند.
- ۳- ساختار نظام‌های طبیعی را توضیح دهد.
- ۴- اکوسیستم را توضیح دهد.
- ۵- اجزای غیر زنده و زنده‌ی اکوسیستم‌ها را بشناسد.
- ۶- حد تحمل را توضیح دهد.
- ۷- عوامل محدود کننده را توضیح دهد.
- ۸- زیستگاه و آشیان را شرح دهد.
- ۹- رقابت را تعریف کند.
- ۱۰- نقش انسان را، به‌عنوان یک رقیب قوی، در پایداری محیط زیست بیان کند.
- ۱۱- طرز کار اکوسیستم را شرح دهد.
- ۱۲- زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی را شرح دهد.
- ۱۳- سیر انرژی و مواد مغذی در شبکه‌های غذایی را شرح دهد.
- ۱۴- سطوح غذایی را شرح دهد.
- ۱۵- هرم بیوماس را شرح دهد.
- ۱۶- چرخه‌ی مواد و تأثیر انسان بر این چرخه‌ها را شرح دهد.
- ۱۷- به‌طور عملی، به بررسی و تحقیق پیرامون تأثیر فعالیت‌های انسان بر محیط‌زیست بپردازد و تأثیر فعالیت‌های سازندگی را در تغییر شرایط غیر زنده و زنده‌ی محیط‌زیست شناسایی کند.

- ۱۸- به طور عملی زیستگاه و آشیان جانوران را بررسی کرده، عوامل کاهش یا افزایش جمعیت جانوران را شناسایی کند.
- ۱۹- عملاً اهالی و مسئولین را برای داشتن زندگی پایدار راهنمایی کند.

۲- اکولوژی: چگونه اکوسیستم‌ها کار می‌کنند؟

۲-۱- انسان و طبیعت

انسان جزئی از طبیعت است و به نظام‌های طبیعی موجود در آن وابسته است. منابع مهم اقتصادی و خدمات اکولوژیکی طبیعت اهمیت زیادی در بقا حیات و رفاه بلندمدت انسان دارند. بسیاری به درستی درک نمی‌کنند که انسان جزئی از نظام حیات بر روی کره‌ی زمین است و با هزاران طریق به زمین و نظام‌های طبیعی‌اش وابسته است و در واقع جزئی از چرخه‌ی طبیعت است. کافی است همچنان که در جای خود نشسته‌ایم نگاهی به اطرافمان بیندازیم. خواهیم دید که همه‌ی چیزها به نوعی از طبیعت و نظام‌های طبیعی آن گرفته شده است. لباسی که پوشیده‌ایم، غذایی که می‌خوریم، سوخت‌هایی که مصرف می‌کنیم، کاغذی که بر آن می‌نویسیم و... همگی محصولاتی وابسته به طبیعت یعنی خورشید، خاک، آب، هوا و گیاهان می‌باشند. انسان مانند همه‌ی گونه‌ها برای زیستن به خاک، آب، هوا، خورشید و بسیاری از دیگر موجودات زنده متکی است.

انسان و سایر موجودات زنده، در هر لحظه مقادیر عظیمی اکسیژن مصرف می‌کنند تا بتوانند انرژی لازم را برای زیستن و بقای خود تأمین کنند. اکسیژن، خود توسط گیاهان و جلبک‌ها آزاد می‌شود؛ یعنی بدون این موجودات، انسان و حیوان قادر به زیستن نمی‌باشند. علاوه بر این، درختان، علف‌ها و گیاهان دیگر در حفظ محیط‌زیست نقش بسیاری دارند. مثلاً آبگیرها را محافظت می‌کنند، از جاری شدن سیلاب و فرسایش خاک جلوگیری می‌کنند و آب دریاچه‌ها و نهرها را پالایش می‌کنند. طبیعت به انسان بسیار خدمت می‌کند، اگر چه انسان امروز به آن آسیب‌های زیاد وارد ساخته است. روشن است که با این کار، انسان، خود را نجات نداده است. زیرا خود بخشی از طبیعت است و همان‌طور که در فصل اول ملاحظه کردید به طبیعت متکی است و متقابلاً نظام‌های طبیعی نیز به انسان اتکا دارند.

۲-۲- اکولوژی: مطالعه‌ی نظام‌های طبیعی

اکولوژی رشته‌ای علمی است که رابطه‌ی بین موجودات زنده و محیط‌زیست را توضیح می‌دهد. به عبارت دیگر در اکولوژی، روابط بین موجودات زنده و تأثیر متقابل آن‌ها بر یکدیگر، همچنین روابط بین موجودات زنده با عوامل غیر زنده و تأثیر آن‌ها بر یکدیگر بررسی می‌شود. در این فصل ما روابط خود را با دنیای زنده مطالعه و چگونگی وابستگی خود به نظام‌های طبیعی و تأثیر خود بر آن‌ها را ملاحظه می‌کنیم. یک هدف این فصل درک طرز کار طبیعت است و این که ما برای داشتن آینده‌ی پایدار، در ارتباط با طبیعت، چه کاری باید انجام دهیم؟ سپس ملاحظه خواهیم کرد که بسیاری از کارهایی که برای طبیعت انجام می‌دهیم دارای کاربردهایی برای جامعه‌ی انسانی هستند.

۲-۳- ساختار نظام‌های طبیعی

پوسته‌ی قابل زیست کره‌ی زمین (بیوسفر یا زیست کره) مناطق زیستی خشکی و آبی را شامل می‌شود. بیوسفر یک نظام بسته است و نظام بسته، طبق تعریف، نظامی است که چیزی از بیرون دریافت نمی‌کند. تنها عامل کمک‌کننده از بیرون بیوسفر، نور آفتاب است که انرژی موردنیاز همه‌ی موجودات زنده را تأمین می‌کند. بیوسفر از سه جزء اصلی تشکیل شده است. این سه جزء عبارت‌اند از هوا، خاک و آب. هوا در جو (اتمسفر)^۱، خاک در سنگ کره (لیتوسفر)^۲ و آب در هیدروسفر^۳ (آب کره) قرار دارند. این سه بخش زیست کره مواد کانی و سایر مواد موردنیاز موجودات زنده را تأمین می‌کنند. برای مثال، اتم‌های کربن موجود در پروتئین بدن حیوانات از دی‌اکسید کربن موجود در جو گرفته می‌شود. بدین ترتیب که دی‌اکسید کربن، به وسیله‌ی گیاه، در فرآیند فتوسنتز به مولکول‌های غذایی تبدیل می‌شود و از طریق تغذیه به ساختار پروتئینی و سایر مولکول‌های مهم بدن حیوان وارد می‌شود. مواد کانی بدن حیوانات نیز از خاک تأمین می‌شود. بدین ترتیب که مواد کانی ابتدا توسط گیاه جذب می‌شود و از طریق تغذیه جذب بدن می‌گردد. آب هم مستقیماً از نهرها، دریاچه‌ها و گیاهان تأمین می‌شود.

گستره‌ی زیست کره از اعماق اقیانوس‌ها (حدود ۱۱۰۰۰ متر زیر سطح آب) تا مرتفع‌ترین کوه‌ها (حدود ۹۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا) را دربر می‌گیرد که اگرچه بسیار بزرگ به نظر می‌رسد ولی در مقایسه با اندازه‌ی کره‌ی زمین بسیار کوچک است، به طوری که اگر کره‌ی زمین را یک سیب فرض کنیم زیست کره پوست آن سیب به حساب می‌آید. اگرچه زندگی در همه جای زیست کره وجود



شکل ۱-۲- زیست کره (بیوسفر) - زیست کره شامل زمین، هوا و آب در پوسته‌ی کره‌ی زمین می‌شود. همه‌ی مواد کانی و آلی موردنیاز موجودات زنده از این سه بخش تأمین می‌شود.

دارد ولی تراکم موجودات زنده در همه‌جای آن یکسان نیست. اکثریت موجودات زنده از ۲۰۰ متری زیر سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها تا ۶۰۰۰ متری بالای سطح آب دریا حضور دارند.

چون کره‌ی زمین یک سیستم بسته است همه‌ی مواد ضروری برای زیست، یک چرخه را طی کرده و دائماً بازیافت می‌شوند. مثلاً دی‌اکسیدکربن خارج شده از دستگاه تنفسی شما ممکن است ماه بعد در فرآیند فتوسنتز یک ساقه‌ی برنج در مزارع برنج اندونزی وارد شود. این ساقه‌ی برنج مولکول‌های دی‌اکسیدکربن را به هیدرات‌کربن (کربو هیدرات) تبدیل کرده و در دانه‌های برنج ذخیره می‌کند، آن‌گاه یک پسر بچه‌ی اندونزیایی ممکن است از این برنج (هیدرات‌کربن) تغذیه کند و در نتیجه، هیدرات‌کربن در بدن او، به هنگام تبدیل انرژی توسط سلول‌ها، متلاشی شده و مولکول‌های دی‌اکسیدکربن به جو برمی‌گردند. به همین ترتیب همه‌ی عناصر و ترکیبات موجود در زیست کره به‌طور پیوسته در تغییر و تبدیل اند. بنابراین بدون این چرخه و سایر چرخه‌ها، زندگی در کره‌ی زمین متوقف می‌شود. حفاظت

از محیط زیست کمک می کند نظام های چرخه ای زیست کره که همه ی ما به آن ها وابسته ایم پایدار بماند. مناطق آبی کره ی زمین به دو نظام زیستی آب شیرین و آب شور تقسیم می شوند و هر کدام دارای گیاهان، جانوران و موجودات ذره بینی متناسب با شرایط اقلیمی خود می باشند. نظام های آب شیرین شامل دریاچه ها، رودخانه ها، آبگیرها و تالاب ها هستند و نظام های آب شور شامل چهار ناحیه ی اصلی زیست دریایی یعنی: صخره های مرجانی، مصب رودخانه ها (دهانه ی رودخانه ها که در آنجا آب های شیرین و شور با هم مخلوط می شود)، فلات قاره و اعماق اقیانوس می باشند.

هر منطقه ی خشکی را بیوم^۱ نامیده اند. هر بیوم دارای آب و هوای مخصوص خود است و دارای دما، رطوبت، بارش، گیاهان و جانوران ویژه ی خود می باشد. البته در داخل هر بیوم نیز تغییرات آب و هوایی وجود دارد. به طور کلی شرایط غیر زنده، مانند نوع خاک، دما، رطوبت و باران، جامعه ی گیاهی و متناسب با آن جامعه ی جانوری را شکل می دهد.

انسان همه ی بیوم های کره ی زمین را به اشغال خود در آورده است ولی جمعیت های انسانی بیش تر در بیوم هایی متمرکز شده اند که شرایط آب و هوایی آن ها معتدل و خاک آن ها برای تولید غذا مناسب تر است. در بسیاری از بیوم ها مجموعه ی وسیعی از منابع طبیعی مانند مواد کانی و سوختی وجود دارد که از ارزش اقتصادی عظیمی برای انسان برخوردار است. با این حال این منابع فقط بخشی از بهره ای است که می توان از بیوم تأمین کرد. گیاهان و جانوران که زندگی بشر بدانها وابسته است بخش عمده ی بیوم را تشکیل می دهند.

موجودات ذره بینی موجود در خاک، اجساد جانوران، باقی مانده ی گیاهان و سایر مواد زاید را متلاشی کرده و مواد مغذی (نیترژن، فسفر، کربن و...) را به خاک برمی گردانند و باعث غنی شدن و حاصلخیزی خاک می شوند، خاک محیط رشد همه ی گیاهان اعم از محصولات کشاورزی و جنگل است. جنگل نه تنها چوب مورد نیاز انسان را تأمین می کند بلکه درختانش نیز اکسیژن لازم برای حیات موجودات را تأمین کرده و آلودگی هوا را پالایش می کنند. درختان (به همراه سایر پوشش های گیاهی) مانع از فرسایش خاک می شوند و از رسوب کردن خاک در آب های سطحی نیز جلوگیری می کنند. پوشش گیاهی تخریب های ناشی از سیلاب را کاهش می دهد.

۲-۴- اکوسیستم

اکوسیستم ها نظام های طبیعی مستقل، شامل موجودات زنده و محیط زیست آن ها می باشند. زیست کره یک نظام شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی است که سرتاسر سطح کره ی زمین را

۱- بیوم ها در دروس جغرافیا معرفی شده اند.

احاطه کرده است. از این رو آن را غالباً نظام اکولوژیکی جهانی یا اکوسیستم جهانی نامیده‌اند. روشن است وقتی بیوسفر را اکوسیستم جهانی می‌شناسیم بیوم‌ها را که هر کدام منطقه‌ای از بیوسفر هستند اکوسیستم‌های منطقه‌ای می‌گوییم. به همین ترتیب اکوسیستم‌های آبی نیز تعریف و مشخص می‌شوند. مهم‌ترین اکوسیستم‌های دریایی شامل آب‌سنگ‌های مرجانی، جنگل‌های مانگرو، مناطق عمیق دریاها، آبگیرهای نمکی، پهنه‌های علف‌های دریایی و مناطق بین جذر و مدّی می‌باشند. مناطق بین جذر و مدّی به سه بخش عمده‌ی گلی، ماسه‌ای و صخره‌ای تقسیم می‌شوند که گاهی امکان تفکیک آن‌ها از یکدیگر میسر نیست.

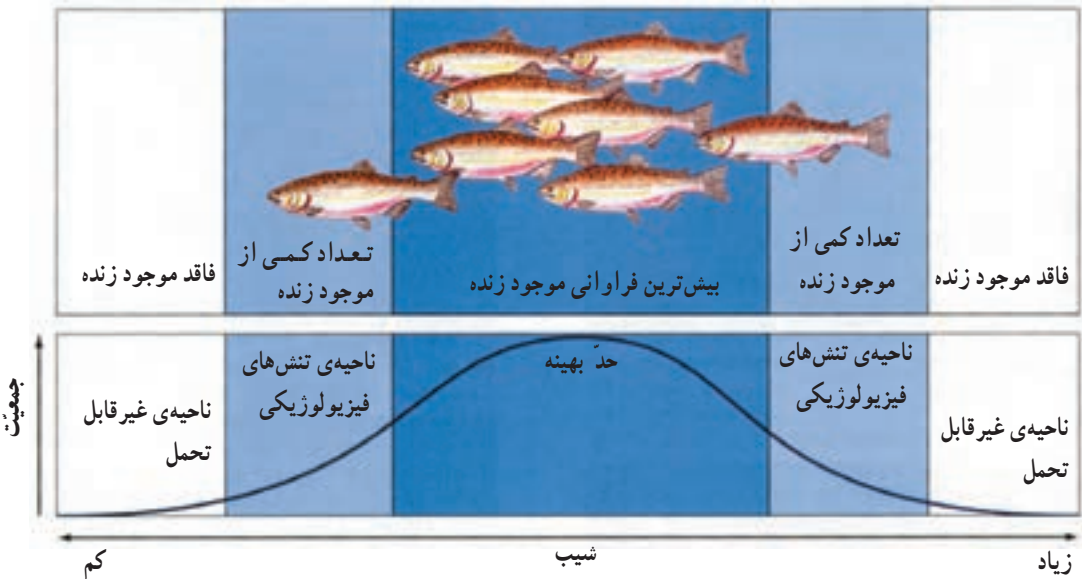
در برنامه‌های تحقیقاتی از اکوسیستم‌های خاص آبی نیز نام برده می‌شود، مانند اکوسیستم خلیج چابهار، اکوسیستم دریای خزر، اکوسیستم تالاب انزلی و اکوسیستم زاینده رود. برای سهولت، اکولوژیست‌ها معمولاً مطالعاتشان را به بخش‌های کوچکی از یک بیوم یا منطقه‌ی دریایی محدود می‌کنند (مثل جنگل، آبگیر و...). و هر کدام را یک اکوسیستم می‌گویند. هر اکوسیستمی، هر چقدر هم کوچک، دارای دو جزء اصلی است. جزء زنده یا بیوتیک^۱ و جزء غیرزنده یا ابیوتیک^۲. بین این اجزا روابط متقابل فراوانی وجود دارد.

مجموعه‌ی یک جامعه گیاهی و جانوری و عوامل غیرزنده‌ی محیط‌زیست آن‌ها را اکوسیستم می‌گوییم.

۱-۴-۲- اجزای غیر زنده‌ی اکوسیستم و حدّ تحمل: اجزای غیرزنده‌ی یک اکوسیستم شامل عوامل فیزیکی و شیمیایی‌ای هستند که برای بقای موجودات زنده لازم‌اند. نور آفتاب، نزولات جوّی، دما و مواد مغذی مثال‌هایی از اجزای فیزیکی و شیمیایی می‌باشند. شرایط غیرزنده، در اکثر اکوسیستم‌ها، در طول روز و شب ممکن است تغییر کند و در فصل‌های مختلف سال نیز غالباً دچار تغییراتی می‌شود. موجودات زنده باید بتوانند دامنه‌ای از تغییر شرایط را تحمل کنند تا زنده بمانند. دامنه‌ی شرایطی که یک موجود زنده می‌تواند به آن عادت کند تا زنده بماند حدّ تحمل نامیده می‌شود. در شکل ۲-۲ حدّ تحمل نوعی ماهی نشان داده شده است. بهترین شرایط برای زیستن، حدّ بهینه است که در آن شرایط، موجود زنده دارای بزرگ‌ترین جمعیت می‌باشد. در نبود شرایط بهینه، موجود زنده دچار تنش‌های فیزیولوژیکی می‌شود که اگرچه در این شرایط باز هم تولید مثل و تکثیر موجود زنده ادامه می‌یابد اما جمعیت جانور دچار نقصان می‌شود.

۱- Biotic

۲- Abiotic



شکل ۲-۲- حدّ تحمل - موجود زنده در دامنه‌ای از تغییرات شرایط می‌تواند زندگی کند که حدّ تحمل نامیده می‌شود. اما در حدّ بهینه دارای جمعیت بزرگ‌تری است.

بیرون‌تر از این شرایط، نواحی غیر قابل تحمل قرار دارد که زیستن در آن برای موجود زنده غیر ممکن می‌شود. به‌طور کلی، هر موجودی که دارای حدّ تحمل وسیع‌تری است نسبت به موجودی که دارای حدّ تحمل کم‌تر است زندگی پایدارتری دارد.

مثال‌های زیادی از حدّ تحمل را می‌توان بیان کرد. مثلاً حدّ تحمل انسان در شرایط مختلف گرمایی این است که اکثر افراد در دمای ۲۳ درجه‌ی سانتی‌گراد احساس راحتی می‌کنند. وقتی دما خیلی بالاتر رود فرد وارد شرایط تنش فیزیولوژیکی می‌شود و اگر باز هم دما بالاتر رود به مرگ نزدیک می‌شود. همین اتفاق در دمای کم (سرد) هم به‌وقوع می‌پیوندد. بنابراین حدّ تحمل انسان در شرایط دمایی متغیر است.

هر موجود زنده‌ای دارای حدّ تحمل برای یک عامل زیست محیطی است. این حدّ ممکن است با تغییر سنّ موجود زنده تغییر کند. مثلاً نوزاد ماهی آزاد تازه از تخم درآمده نسبت به آلودگی شدیداً حسّاس است ولی ماهی آزاد رشد یافته دارای حسّاسیت کم‌تری است. حدّ تحمل اعضای یک جمعیت زنده نیز ممکن است با هم فرق کند. به‌همین دلیل است که می‌بینیم برخی افراد نسبت به برخی دیگر حدّ تحمل بیش‌تری در مقابل گرما و سرما دارند.

انسان غالباً اجزای غیرزنده‌ی محیط‌زیست خود را تغییر می‌دهد و این تغییر بر اجزای زنده نیز تأثیر می‌گذارد. مثلاً سدها موجب به‌وجود آمدن دریاچه در بستر رودخانه‌ها می‌شوند و دما و جریان

آب را تغییر می‌دهند. آب خروجی از دریاچه‌های پایینی سدهای بزرگ بسیار سرد است و می‌تواند دما را فراتر از حد تحمل ماهیان کاهش دهد. لذا گزارش‌های متعددی از انقراض جمعیت ماهیان به علت تغییر دمای رودخانه به دمای دریاچه و تغییر جریان رودخانه به شرایط فیزیکی دریاچه در دست است. همچنین مواردی از کاهش جمعیت ماهیان در نواحی پایین دستی سدها مخصوصاً سدهای بزرگ دیده شده است.

عوامل محدودکننده: گونه‌ها به همه‌ی عوامل غیرزنده‌ی محیط‌زیست حساس‌اند. اما معمولاً یک عامل بیش از عوامل دیگر، به‌عنوان عامل بازدارنده یا محدودکننده، میزان جمعیت یک گونه را تنظیم می‌کند. مثلاً در دریاچه‌ها و رودخانه‌های آب شیرین، فسفات محلول در آب یک عامل محدودکننده است؛ به این صورت که برای رشد گیاه و جلبک به فسفات نیاز است. اما غلظت فسفات به‌طور طبیعی کم است و در نتیجه رشد گیاه و جلبک کنترل می‌شود. حال، وقتی فسفات در قسمتی از آب زیاد می‌شود (مثلاً با ورود فاضلاب به رودخانه) رشد گیاه و جلبک نیز شدیداً افزایش می‌یابد به طوری که جلبک‌ها سطح آب را می‌پوشانند و مانع نفوذ نور آفتاب به لایه‌های پایین آب می‌شوند. در نتیجه‌ی این وضع گیاهان ثابت و شناور لایه‌های پایینی نمی‌توانند اکسیژن تولید کنند و کاهش اکسیژن موجب مرگ ماهی‌ها و سایر آب‌زیان می‌شود.



شکل ۳-۲- سرتاسر این آبگیر به‌علت زیاد بودن مواد مغذی از منابع انسانی (فاضلاب‌ها) با جلبک پوشیده شده است.

۲-۴-۲- اجزای زنده‌ی اکوسیستم: در اکوسیستم‌ها موجودات زنده‌ی متعدد و فراوانی شامل باکتری‌ها، گیاهان، قارچ‌ها و حیوانات وجود دارند. این‌ها اجزای زنده‌ی اکوسیستم هستند. موجودات زنده‌ی متعلق به یک گونه، معمولاً یک منطقه (یک بیوم یا محیط‌زیست آبی) را اشغال می‌کنند. به این گروه موجود زنده «جمعیت» می‌گویند. در هر اکوسیستم، مجموعه‌ی جمعیت‌های

مختلفی از موجودات زنده در یک جامعه‌ی بیولوژیکی (زیستی) مستقل زندگی می‌کنند و بر زندگی یکدیگر تأثیر می‌گذارند. همه‌ی موجودات در یک جامعه‌ی بیولوژیکی، از جمله انسان، بخشی از چرخه‌ی زندگی هستند. موجودات زنده به شیوه‌های متعددی بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. برخی، برخی دیگر را شکار می‌کنند و برخی خود به وسیله‌ی دیگران شکار می‌شوند. بسیاری نیز در رقابت با یکدیگر زندگی می‌کنند.

زیستگاه^۱، آشیان^۲ و رقابت^۳: زیستگاه جایی است که موجودات زنده آن را اشغال کرده‌اند. آشیان جایی است که یک موجود زنده فعالیت‌های خود را در آن انجام می‌دهد. اگر فعالیت‌ها با هم تداخل کنند (فعالیت یک‌گونه با گونه‌ی دیگر) رقابت به وجود می‌آید. رقابت یک فرآیند غریزی و عادی است و به‌طور طبیعی در حداقل قرار دارد.

به مجموعه‌ی رفتارها و فعالیت‌های یک موجود زنده (برای مثال رفتارها و فعالیت‌های او در تغذیه، تهیه‌ی محلّ استراحت، انتخاب جفت، محل تخم‌گذاری یا تولد نوزاد) آشیان گفته می‌شود. در اجرای این فرآیند موجود زنده با گونه‌ی هم‌نوع یا غیرهم‌نوع درگیر رقابت می‌شود.

مثلاً وقتی قرار است ما خود را معرفی کنیم می‌گوییم که در کجا زندگی می‌کنیم، کجا کار می‌کنیم، چه کاری انجام می‌دهیم، دوستان ما چه کسانی هستند و سرانجام روابط مهمی را که بیانگر جایگاه ما در جامعه (جامعه‌ی انسانی) است شرح می‌دهیم. مثلاً یکی از ما ممکن است بگوید، من اهل بوشهر هستم و در بوشهر نیز زندگی می‌کنم (زیستگاه در جامعه‌ی انسانی بوشهر). شغلم تعمیرکار موتور کشتی است و عضو کانون دریانوردان هستم (جایگاه من در جامعه‌ی انسانی که بیانگر آشیان من است).

یک بیولوژیست (زیست‌شناس) از شیوه‌ای مشابه شیوه‌ی فوق برای تشریح یک موجود زنده استفاده می‌کند. او ممکن است با تشریح مکانی که موجود در آن زندگی می‌کند یعنی زیستگاه موجود زنده شروع کند. سپس شرح دهد که موجود زنده چه جایگاهی در محیط زیست دارد و روابطش با محیط زیست چگونه است؟ مجموعه‌ی این جایگاه و روابط به آشیان اکولوژیک یا صرفاً «آشیان» موسوم است. آشیان شامل روابط موجود زنده با اجزای زنده و غیرزنده‌ی محیط زیست می‌شود. موجود زنده از چه تغذیه می‌کند و خودش غذای چه موجودی است و حدّ تحمل او برای

۱- Habitat

۲- Niche

۳- Competition

عوامل زیست محیطی چگونه است؟ پس آشیان یک موجود زنده، در مقایسه با زیستگاه، شامل مجموعه‌ی فعالیت‌ها یا شغل او می‌شود و زیستگاه شامل موقعیت مکانی او می‌باشد.

در یک جامعه، موجودات زنده یک زیستگاه مشترک را اشغال می‌کنند ولی اکثر آن‌ها دارای آشیان‌های مختلفی هستند. این پدیده رقابت را به حداقل می‌رساند و این حقیقت که موجودات زنده آشیان‌های جداگانه و متعدد دارند موجب استفاده و بهره‌برداری وسیع‌تر آنان از منابع اکوسیستم، مخصوصاً منابع غذایی آن می‌شود.

آشیان‌ها ممکن است درهم تداخل کنند. برای مثال دو گونه ممکن است غذای مشترکی داشته باشند. مثلاً گرگ و روباه هر دو از خرگوش و موش تغذیه می‌کنند. گرگ از طعمه‌های بزرگ‌تر حتی گوزن هم تغذیه می‌کند و روباه تمایل دارد از طعمه‌های کوچک‌تر مثل خزندگان و دوزیستان تغذیه کند. حال، هرچه آشیان دو گونه بیش‌تر درهم تداخل کند رقابت میان آن دو شدیدتر می‌شود و هرچه تداخل بیش‌تر شود شدت رقابت افزایش می‌یابد طوری که معمولاً یکی از گونه‌ها صدمه می‌بیند. اگر دو گونه یک آشیان مشترک را اشغال کنند رقابت موجب نابودی یکی از آن‌ها می‌شود، لذا دو گونه نمی‌توانند برای مدتی طولانی دارای یک آشیان مشترک باشند.

وجود آشیان برای مدیریت پایدار منابع طبیعی بسیار مهم است. مثلاً کنترل موفقیت‌آمیز حشرات موزی و آفت‌های کشاورزی و باغی با شناخت کامل آشیان گونه‌ها قابل حصول است. تجزیه و تحلیل آشیان گونه‌ها می‌تواند مشخص کند که چه پرندگان و حشراتی از آفت‌ها و حشرات موزی تغذیه می‌کنند.

با کمک به این گونه‌های سودمند (مثلاً با پرورش درختان مورد علاقه‌ی پرندگان و حشرات آفت‌خوار) کشاورزان می‌توانند با روش‌های طبیعی جمعیت آفت‌ها را کاهش دهند. بدیهی است با این شیوه، از صرف هزینه‌ی زیاد و استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی و تبعات بعدی آن نیز جلوگیری می‌شود.

انسان، رقیب قوی: انسان یک رقیب بسیار مهم و قدرتمند برای گونه‌ها در طبیعت است. فناوری پیشرفته و جمعیت بزرگ انسان سایر گونه‌ها را از میدان خارج می‌کند، اگرچه این عمل در بلندمدت به ضرر او خواهد بود. انسان هم با ممنوعان خود رقابت می‌کند و هم با سایر گونه‌هایی که با وی در کره‌ی زمین زندگی می‌کنند. مثلاً ما برای صید ماهی آزاد با فُک و سمورآبی رقابت می‌کنیم یا وقتی یک گاو یا گوسفند را می‌چرانیم این حیوانات اهلی به‌خاطر ما با موش‌ها و خرگوش‌های چراگاه در خوردن مواد غذایی رقابت می‌کنند. رقابت انسان با سایر گونه‌ها بسیار نامتعادل بوده و ظاهراً به نفع انسان است و این بیش‌تر به خاطر فناوری است. تفنگ‌های دقیق و قوی، بولدوزرها و

تراکتورها، تورهای ماهی‌گیری و سونار ابزارهایی هستند که سایر رقبا را از میدان خارج می‌کنند. با افزایش جمعیت، تقاضا برای غذا و سایر منابع بیش‌تر می‌شود و با پیشرفت فناوری قدرت رقابت انسان افزایش می‌یابد. این دو پدیده ممکن است در بلندمدت تأثیرات سوئی برای تمدن انسانی داشته باشند.

هم‌اکنون صید بی‌رویه گونه‌های بسیاری از ماهیان را در معرض انقراض قرار داده است. صید بی‌رویه تأثیرات سوء دیگری نیز دارد. مثلاً جمعیت فک‌ها و سایر حیواناتی را که از ماهی تغذیه می‌کنند کاهش داده است، در حالی که فک یک غذای مهم برای برخی نهنگ‌ها است؛ لذا با کاهش فک‌ها، جمعیت نهنگ‌ها نیز کاهش می‌یابد. صید ماهی بخشی از چرخه‌ی فسفر است. فسفر از طریق شست‌وشوی خشکی‌ها توسط جریان رودخانه‌ها، باران و سایر جریان‌ها به اقیانوس وارد می‌شود. با صید ماهی بخشی از این فسفر به خشکی برگشت می‌کند و بخشی دیگر نیز توسط پرندگان دریایی و سایر پرندگان به خشکی برمی‌گردد؛ به این ترتیب که پرندگان پس از تغذیه از ماهی‌ها و آب‌زیان فضولات خود را در خشکی رها می‌کنند یا پس از مرگ در خشکی، مقداری از فسفر را به خشکی برمی‌گردانند اما کاهش این گونه پرندگان در بازگشت فسفر به خشکی تأثیر سوء می‌گذارد.

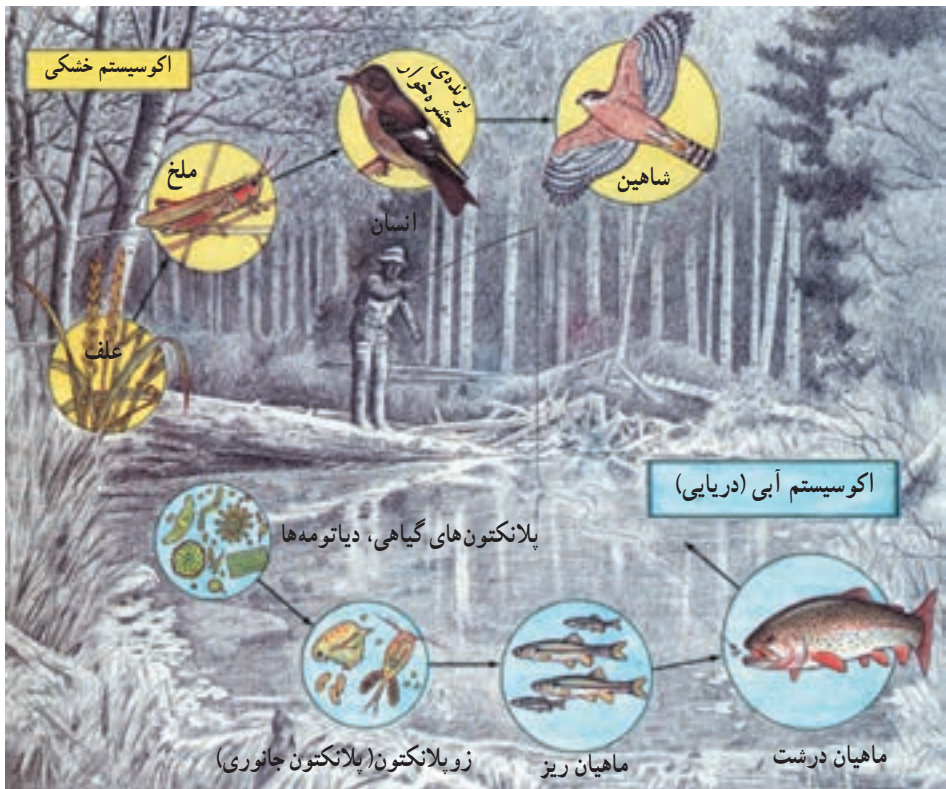
در هر قاره و کشور، انسان‌ها در حال از بین بردن رقبا از گونه‌های دیگر هستند. گفته می‌شود روزانه بین ۴۰ تا ۱۰۰ گونه از موجودات زنده منقرض می‌شوند که قسمت عمده‌ی آن به‌خاطر از بین رفتن جنگل‌های استوایی است. اگر امروز کاری انجام ندهیم در آینده هزاران گونه از بین خواهند رفت. اکثر دانشمندان اعتقاد دارند که هیچ‌کدام از ما از تأثیرات منفی این فقر بیولوژیکی در امان نخواهیم بود. کاهش جنگل‌های بارانی استوایی، تغییرات آب و هوایی جهان را در پی خواهد داشت و زمین را گرم‌تر خواهد کرد. این جنگل‌ها مقدار زیادی از دی‌اکسیدکربن موجود در جو را جذب می‌کنند و لذا مقدار این گاز گلخانه‌ای را در طبیعت تنظیم می‌کنند. اما وقتی نابود شوند مقدار دی‌اکسیدکربن جو بیش‌تر و جو زمین گرم‌تر می‌گردد. در آن صورت، صورت حساب مصرف برق خانه‌ها در تابستان‌ها افزایش می‌یابد زیرا دستگاه‌های خنک‌کننده‌ی بیش‌تری کار خواهند کرد و چون گرما ادامه می‌یابد تولید مواد غذایی کم‌تر می‌شود و این مواد گران‌تر خواهند شد. اگر شرایط بدتر از این شود با بحران کم‌غذایی هم مواجه می‌شویم.

به هر حال، گرچه آسیب‌هایی که انسان بر محیط‌زیست خود وارد می‌آورد تا حدی ناامیدکننده است ولی می‌توان امیدوار بود که راه‌هایی نیز بیابد تا با کنار آمدن با طبیعت و سازگار کردن رفتارهای خود با آن، زیرساخت‌ها را طوری طراحی کند که نظام‌های طبیعی پایدار بمانند.

۵-۲- طرز کار اکوسیستم

موجودات زنده‌ی فتوسنتز کننده یعنی گیاهان و جلبک‌ها، تولیدکننده‌های غذا در یک اکوسیستم‌اند که پایداری زندگی آن‌ها برای ادامه‌ی حیات و رفاه بقیه‌ی موجودات اهمیت بسیار دارد.

اصولاً زیستن در خشکی و آب به علت وجود تولیدکننده‌ها میسر می‌شود. این موجودات نور آفتاب را جذب می‌کنند و از انرژی آن برای ساختن مواد غذایی آلی، از دی‌اکسیدکربن جوّ و آب، استفاده می‌کنند. به این عمل فتوسنتز گفته می‌شود. این غذاهای آلی توسط خود تولیدکننده‌ها به مصرف می‌رسد ولی در پی این فرآیند طبیعی، خوراک سایر موجودات نیز فراهم می‌شود. بنابراین «تولیدکننده‌ها» در واقع پایه‌ی زیستن را در جهان تشکیل می‌دهند. در شکل ۴-۲ علف و دیاتومه‌ها (فیتوپلانکتون‌ها یا پلانکتون‌های گیاهی) جزء تولیدکننده‌ها هستند. گیاهان سبز را تولیدکننده‌های شبکه‌ی حیات نامیده‌اند.

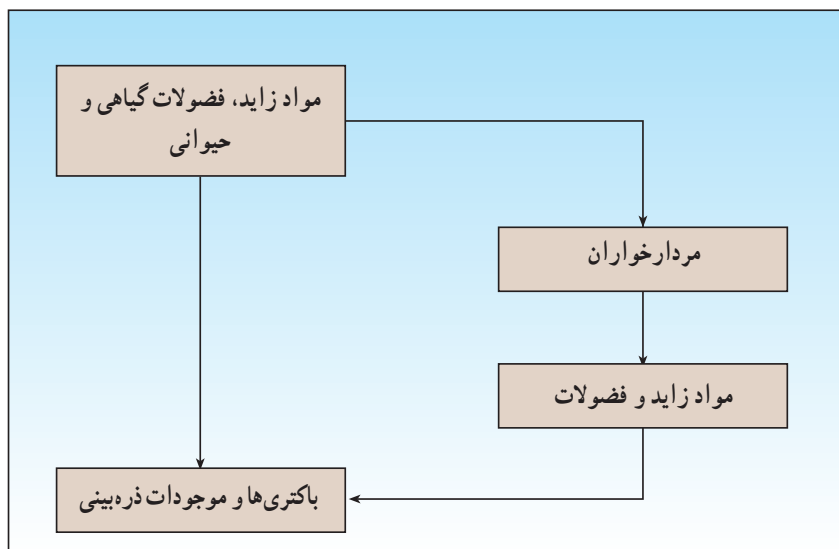


شکل ۴-۲- نمایش ساده‌ای از زنجیره‌ی غذایی در محیط‌های خشکی و آبی

در کنار تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان نیز گروه دیگر و بزرگی از موجودات زنده‌اند. اکولوژیست‌ها مصرف‌کنندگان را برحسب نوع غذایی که می‌خورند در چهار گروه طبقه‌بندی کرده‌اند. برخی مانند آهو، گوزن و گاو مستقیماً از گیاهان تغذیه می‌کنند. این گروه **علفخواران** نام دارند. برخی مانند گرگ از علفخواران و سایر حیوانات تغذیه می‌کنند، این گروه به **گوشتخواران** موسوم‌اند. انسان‌ها و خیلی از گونه‌های حیوانی همه‌چیزخوار هستند، یعنی هم از غذای گیاهی و هم از غذای حیوانی استفاده می‌کنند، لذا به همه چیزخواران معروف‌اند. گروه بعدی از فضولات حیوانی یا از باقی‌مانده‌های گیاهان و اجساد حیوانات استفاده می‌کنند. این گروه **تجزیه‌کنندگان** نام دارند. تجزیه‌کنندگان شامل خیلی از حشرات، باکتری‌ها و سایر موجودات ذره‌بینی مانند انگل‌ها می‌شوند.

۱-۵-۲- زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی: جوامع بیولوژیکی دارای زنجیره‌های غذایی فراوانی می‌باشند. یک زنجیره‌ی غذایی شامل سلسله‌ای از موجودات زنده است که هرکدام از موجود زنده‌ی قبل از خود تغذیه می‌کنند (مانند شکل ۴-۲). همه‌ی موجودات زنده‌ی یک جامعه‌ی زیستی عضو یک یا چند زنجیره‌ی غذایی هستند.

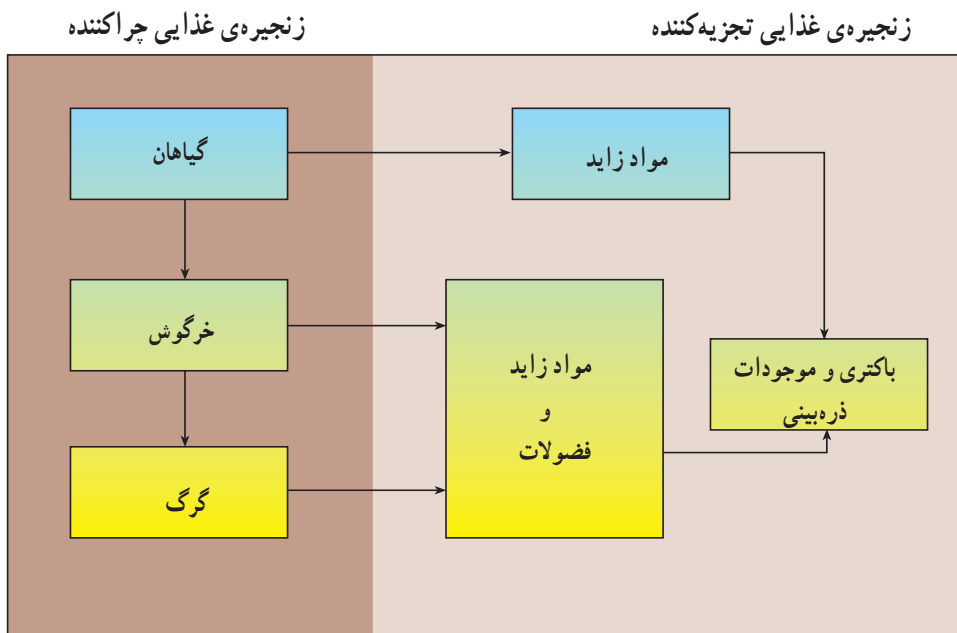
زیست‌شناس‌ها به‌طور کلی دو نوع زنجیره‌ی غذایی را تعریف کرده‌اند. این دو عبارت‌اند از زنجیره‌ی غذایی چراکننده و زنجیره‌ی غذایی تجزیه‌کننده. زنجیره‌ی غذایی چراکننده با گیاهان و جلبک‌ها آغاز می‌شود. گیاهان و جلبک‌ها توسط علف‌خواران یا چراکننده‌ها مصرف می‌شوند و سرانجام، علف‌خواران توسط گوشت‌خواران و همه‌چیزخواران خورده می‌شوند.



شکل ۲-۵- زنجیره‌های غذایی تجزیه‌کننده - زنجیره‌های غذایی‌ای که با فضولات آلی و مردار گیاهی و حیوانی آغاز می‌شوند.

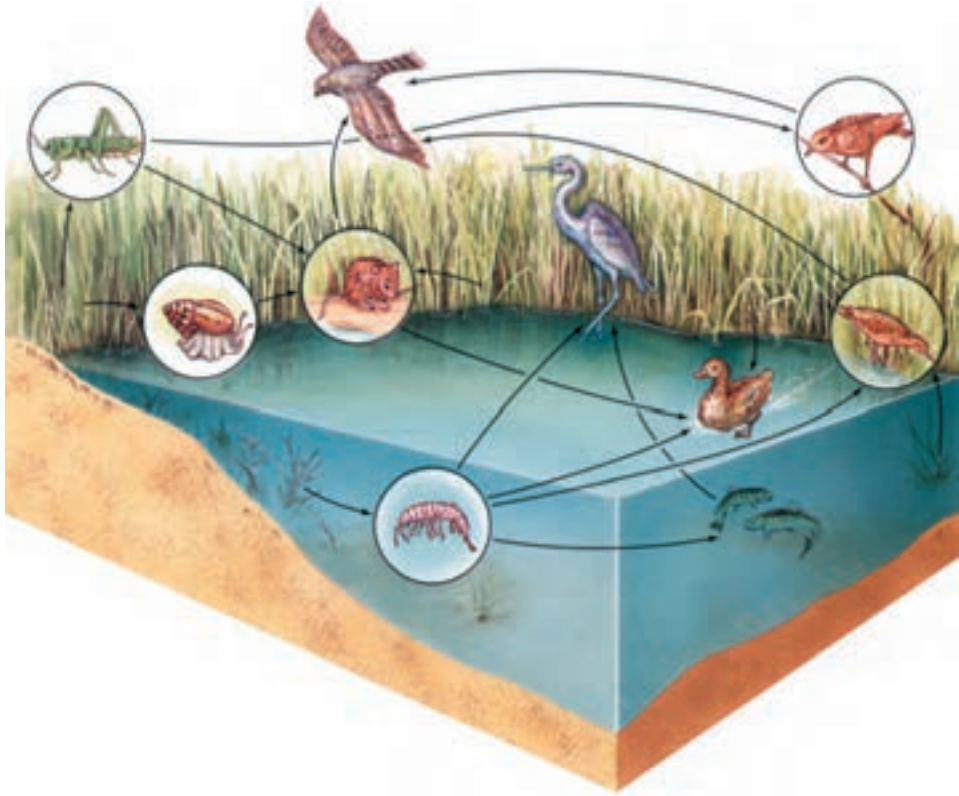
زنجیره‌های غذایی تجزیه کننده با مواد مرده شروع می‌شود؛ موادی شامل فضولات حیوانی (مدفوع) و باقی مانده‌های گیاهی و حیوانی (لاشه و جسد) که غذای حشرات، کرم‌ها و انواع موجودات زنده‌ی ذره‌بینی مانند باکتری‌ها را تشکیل می‌دهند. این موجودات (تجزیه کننده‌ها) فضولات و مواد زاید را تجزیه کرده، مواد مغذی را به محیط زیست برمی‌گردانند.

در اکوسیستم‌ها، زنجیره‌های غذایی چراکننده و تجزیه کننده به طور تنگاتنگی با یکدیگر ارتباط دارند؛ بدین صورت که، فضولات زنجیره‌ی غذایی چراکننده به زنجیره‌ی غذایی تجزیه کننده وارد می‌شود. آن‌گاه، مواد مغذی آزاد شده، توسط زنجیره‌ی غذایی تجزیه کننده، وارد خاک و آب شده و بار دیگر در آغاز زنجیره‌ی غذایی چراکننده واقع شده به گیاهان ملحق می‌شوند.



شکل ۶-۲- نحوه‌ی ارتباط زنجیره‌ی غذایی چراکننده و زنجیره‌ی غذایی تجزیه کننده

البته زنجیره‌های غذایی فقط در صفحات کتاب‌های درسی دیده می‌شوند. در واقع، در یک جامعه از موجودات زنده، زنجیره‌های غذایی بخشی از یک شبکه‌ی پیچیده‌تر از روابط متقابل غذایی می‌باشند. شبکه‌های غذایی شامل ارتباطات وسیع و گسترده‌ی غذایی در یک اکوسیستم هستند (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۲- یک شبکه‌ی غذایی - زنجیره‌های غذایی در واقع رشته‌هایی در شبکه‌های بزرگ‌تر غذایی هستند.

در اکولوژی، برای زیستن پایدار در کره‌ی زمین لازم است درک صحیحی از زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی داشته باشیم. مثلاً می‌دانیم تلاش‌های فراوانی برای حفاظت از لایه‌ی ازن در دست انجام است. لایه‌ی ازن از نفوذ اشعه‌ی ماوراء بنفش به لایه‌های پایینی جو جلوگیری می‌کند که مانع از بروز برخی سرطان‌ها در انسان می‌شود. علاوه بر این، لایه‌ی ازن برای حفاظت فیتوپلانکتون‌ها در آب‌ها و اقیانوس‌ها نیز لازم است. فیتوپلانکتون‌ها، موجودات فتوسنتزکننده‌ی ذره‌بینی‌ای هستند که در آغاز زنجیره‌ی غذایی محیط‌های زیست آبی و دریایی قرار گرفته‌اند. اما تابش بیش از حد اشعه‌ی ماوراء بنفش که ناشی از آسیب دیدن لایه‌ی ازن است، می‌تواند فیتوپلانکتون را نابود کند که این امر نیز موجب فرو ریختن بسیاری از زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی آبی و دریایی خواهد شد.

۲-۵-۲- سیر انرژی و مواد مغذی در شبکه‌های غذایی: انرژی و مواد مغذی، هر دو، در شبکه‌های غذایی سیر می‌کنند. اما نحوه‌ی سیر و جریان آن‌ها از همدیگر متفاوت است. ابتدا از انرژی، و سیر آن در شبکه‌ی غذایی، شروع می‌کنیم.

انرژی خورشیدی، نیروی اصلی و کارساز در طبیعت است. این نیرو به وسیله گیاه و جلبک جذب می‌شود و گیاه و جلبک آن را برای تولید ملکول‌های آلی غذایی به کار می‌گیرند. پس انرژی خورشیدی در ملکول‌های آلی ذخیره می‌شود. در زنجیره‌ی غذایی، ملکول‌های آلی از گیاهان به حیوان منتقل می‌شوند که در آنجا متلاشی شده و انرژی خورشیدی را رها می‌سازند. بارها شدن این انرژی، توانایی لازم برای انجام انواع فعالیت‌های سلولی تأمین می‌شود. بارها شدن انرژی سلولی از گیاه و حیوان، بخش مهمی از انرژی ذخیره شده در ملکول‌های آلی غذایی به صورت گرما از دست می‌رود و به جوّ برمی‌گردد تا به فضا منتقل شود.

چون انرژی خورشیدی عاقبت به گرما تبدیل می‌شود، گفته می‌شود که انرژی دارای یک سیر یک طرفه در زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی است. به عبارت دیگر انرژی گردش نمی‌کند.

برعکس انرژی، مواد مغذی گردش می‌کنند، یعنی در یک چرخه قرار دارند و مرتباً جابه‌جا می‌شوند. طرز عمل بدین صورت است که مواد مغذی موجود در خاک، آب و هوا ابتدا جذب گیاه و جلبک می‌شوند و سپس از طریق گیاهان در شبکه‌های مختلف غذایی، جذب حیوانات می‌شوند و سرانجام، از طریق فضولات یا تجزیه‌ی مردار به محیط‌زیست برمی‌گردند.

هر بار که شما نفس یا بازدم خود را بیرون می‌دهید، مقداری دی‌اکسیدکربن (محصول زاید از تولید انرژی سلولی) رها می‌شود که برای استفاده‌ی مجدد وارد جوّ می‌شود. بنابراین شما، با عمل تنفسی خود، نقش مهمی در نظام گردش جهان (چرخه‌ی زیست) دارید که طی آن زیستن ممکن می‌شود.

مواد مغذی نیز از طریق تجزیه‌ی مردار (موجودات زنده‌ای که مرده‌اند) به محیط‌زیست برمی‌گردند. وقتی گیاه یا حیوانی می‌میرد، مواد آلی باقی‌مانده‌اش را باکتری‌ها و انگل‌ها می‌خورند که این فرآیند تجزیه نام دارد. اگر چه موجودات زنده‌ی ذره‌بینی بسیاری از مواد مغذی را طی این فرآیند جذب می‌کنند ولی مقداری از این مواد هم رها شده و وارد آب و خاک می‌شوند تا مجدداً مورد استفاده قرار گیرند. پس از مرگ باکتری و انگل، سلول‌های آن‌ها نیز متلاشی شده و مواد مغذی به محیط‌زیست برمی‌گردند تا جذب گیاه و جلبک شوند.

بدین ترتیب مشاهده می‌شود که هر نسل جدید از موجودات زنده به چرخه و گردش مواد در بیوسفر یا زیست کره متکی است. می‌توان گفت هر اتم بدن شما بارها و بارها، از آغاز پیدایش حیات در کره‌ی زمین، تاکنون گردش کرده است. شاید برخی از اتم‌های بدن شما، جزء اولین سلول‌های زیستی بوده باشند.

۳-۵-۲- سطوح غذایی: جایگاه یک موجود زنده در زنجیره‌ی غذایی به سطح غذایی آن موجود زنده موسوم است. بوم‌شناسان موجودات زنده را بر مبنای جایگاهشان در سطوح غذایی طبقه‌بندی می‌کنند. تولیدکننده‌ها که شالوده‌ی زنجیره‌ی غذایی چراکننده را تشکیل می‌دهند به سطح اول تعلق دارند. علف‌خواران به سطح دوم و گوشت‌خواران به سطح سوم. همه‌چیزخواران نیز (مانند انسان) متعلق به سطوح دو و سه هستند.

اکثر زنجیره‌های غذایی محیط‌زیست خشکی به سه یا چهار سطح ختم می‌شود. زنجیره‌های غذایی طولانی‌تر از این، در محیط‌زیست خشکی، به ندرت وجود دارد.

گیاهان فقط بخش کمی از انرژی خورشید را جذب می‌کنند (حدود یک تا دو درصد) که از آن برای تولید مواد آلی یا بیوماس استفاده می‌کنند. از نقطه نظر تکنیکی، بیوماس مقدار جرم مواد زنده (صرف‌نظر از زنده بودن آن‌ها) در یک اکوسیستم است. بیوماس سطح غذایی اول، ماده‌ی خام برای سطح دوم است و بیوماس سطح دوم نیز ماده‌ی خام برای سطح سوم می‌باشد. در شکل ۸-۲ ملاحظه می‌شود همه‌ی بیوماس تولید شده توسط تولیدکننده‌ها به بیوماس علف‌خوار تبدیل نمی‌شود. حداقل



شکل ۸-۲- سیر انرژی و بیوماس در زنجیره‌ی غذایی - به دلایلی که نشان داده شده و در متن نیز آمده است تمام بیوماس از یک سطح غذایی به سطح بعدی منتقل نمی‌شود. همه‌ی انرژی نیز در نهایت به صورت گرما تلف نمی‌شود.

سه دلیل برای انتقال ناقص بیوماس از یک سطح غذایی به سطح بعدی وجود دارد، این دلایل عبارت‌اند از :

- ۱- برخی از مواد گیاهی مانند ریشه‌ها خورده نمی‌شوند.
- ۲- همهی موادی که علف‌خواران تغذیه می‌کنند هضم نمی‌شود.
- ۳- مقداری از مواد هضم شده صرف تولید انرژی و گرما می‌شود و در تولید بیوماس علف‌خواران مصرف نمی‌گردد.

تقریباً پنج الی بیست درصد بیوماس از هر سطح غذایی به سطح بعدی منتقل می‌شود. این مقدار به موجودات زنده‌ی عضو زنجیره‌ی غذایی بستگی دارد.

نمودار مقدار بیوماس در سطوح غذایی مختلف، به شکل هرم می‌باشد (شکل ۹-۲) و به هرم بیوماس موسوم است. بیوماس دارای انرژی است. این انرژی در اتصال‌های بین اتم‌ها ذخیره می‌شود. بنابراین هرم بیوماس را می‌توان به هرم انرژی تبدیل کرد. هرم انرژی نشان‌دهنده‌ی مقدار انرژی در هر سطح غذایی است.



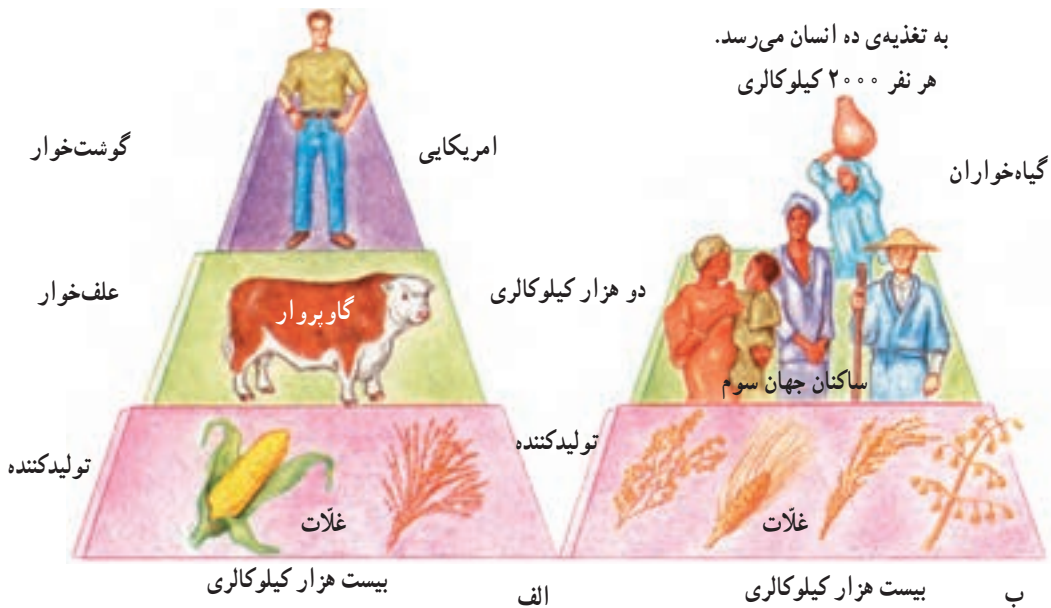
شکل ۹-۲- هرم بیوماس - در اکثر زنجیره‌های غذایی، بیوماس هر سطح کم‌تر از بیوماس سطح قبلی است.

در اکثر زنجیره‌های غذایی، تعداد موجودات زنده در سطوح غذایی بالاتر کاهش می‌یابد و تشکیل هرم می‌دهد. با اطلاع از این هرم‌های اکولوژیکی متوجه می‌شویم که چرا مردم کشورهای در حال توسعه غالباً به جای گوشت از رژیم غذایی غلات استفاده می‌کنند (برنج، گندم و ذرت). در شکل ۱-۲ ملاحظه می‌شود در زنجیره‌ی غذایی انسانی سمت راست ۲۰۰۰۰ کیلو کالری غلات می‌تواند به مصرف روزانه‌ی ده نفر برسد. اگر این مقدار غلات به مصرف یک گاو پروار برسد و انسان از گوشت این گاو تغذیه کند فقط یک نفر انسان می‌تواند از ۲۰۰۰۰ کیلو کالری سطح اول بهره‌ببرد. چرا؟ زیرا در زنجیره‌ی غذایی غلات ← گاو پروار ← انسان، از بیست هزار کیلو کالری داده شده به گاو پروار فقط ۲۰۰۰ کیلو کالری، که برای مصرف روزانه‌ی یک انسان کفایت می‌کند (با فرض سیر ده درصد بیوماس به سطح بالاتر)، تولید می‌شود. ملاحظه می‌شود که هرچه زنجیره‌ی غذایی کوتاه‌تر باشد غذای بیش‌تری به مصرف‌کننده‌ی سطح بالاتر می‌رسد. این قاعده‌ی ساده، مشکلات حادّی را برای نوع انسان به‌وجود آورده است.

به تغذیه یک انسان می‌رسد

به تغذیه‌ی ده انسان می‌رسد.

هر نفر ۲۰۰۰ کیلو کالری



شکل ۱-۲- هرم انرژی در دو زنجیره‌ی غذایی

الف- رژیم غذایی امریکایی- ملاحظه می‌شود که ۲۰۰۰۰ کیلو کالری ذرت به تغذیه‌ی گاو‌هایی می‌رسد که فقط ۲۰۰۰ کیلو کالری گوشت تولید می‌کنند. یک انسان بالغ تقریباً فقط به ۲۰۰۰ کیلو کالری در هر روز نیاز دارد. ب- در یک زنجیره‌ی غذایی کوتاه‌تر، همان ۲۰۰۰۰ کیلو کالری می‌تواند مستقیماً ده نفر را تغذیه کند. به این دلیل بسیاری از مردم در ملل در حال توسعه از رژیم غذایی گیاهی استفاده می‌کنند.

جمعیت کروی زمین سالانه ۷۰ تا ۸۰ میلیون نفر افزایش می‌یابد که موجب به وجود آمدن چالش بزرگی می‌شود و آن این است که چگونه این جمعیت جدید به طور مؤثر و کارآمد تغذیه شوند؟ کارآمدترین و مؤثرترین منابع غذایی غلات، یعنی ذرت، برنج و گندم، می‌باشند که مستقیماً قابل تغذیه‌اند، در حالی که تغذیه‌ی دام و استفاده از گوشت آن بازدهی کم‌تری دارد. طرفداران گیاه‌خواری اظهار می‌دارند که این شیوه تغذیه نه تنها برای سلامت انسان خوب است بلکه برای محیط‌زیست نیز مفید می‌باشد زیرا اگر غلات مستقیماً به مصرف انسان برسند به مقدار کم‌تری از آن‌ها نیاز می‌شود. در مقابل، این حقیقت وجود دارد که گیاه‌خواری محض برای محیط‌زیست مفید نیست. زیرا شخم‌زدن علفزارها و تبدیل جنگل‌ها به کشتزار، به منظور تولید غذا، تأثیر شدید و سوئی بر محیط‌زیست می‌گذارد. به علاوه، کودها و آفت‌کش‌ها نیز به تخریب و آلوده کردن محیط‌زیست کمک می‌کنند. تاکنون به خاطر تولید غله بسیاری از حیوانات وحشی به هلاکت رسیده‌اند.

تغذیه از سطوح پایین زنجیره‌ی غذایی همواره ممکن و توصیه‌شده‌ی نیست. مثلاً اگر دام‌ها از غلات تغذیه کنند (چنان که گاوهای پروار امریکایی از ذرت تغذیه می‌کنند) چون غلات را باید از طریق کشاورزی تولید کرد، مصرف کود و آفت‌کش بالا می‌رود و مراتع طبیعی و جنگل‌ها نیز تبدیل به زمین‌های کشاورزی می‌شود.

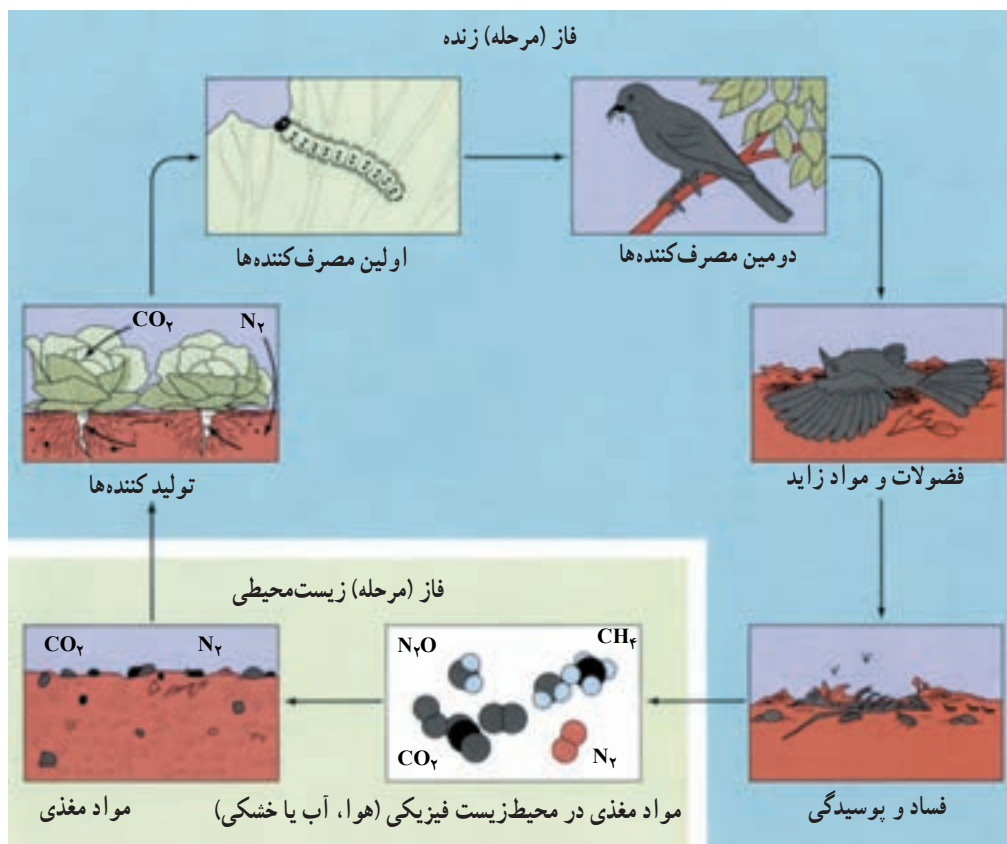
اما در مورد دام‌هایی که از مراتع طبیعی تغذیه می‌کنند، و نیز گوزن و آهو، شرایط فرق می‌کند. زیرا این حیوانات اولاً، از گیاهانی تغذیه می‌کنند که جزء خوراک انسان نیست و ثانیاً اغلب در زمین‌ها و سرزمین‌هایی به سر می‌برند که برای کشاورزی فقیر است. از این رو می‌توان گفت مصرف گوشت این حیوانات در انطباق با محیط‌زیست است.

۴-۵-۲- چرخه‌ی مواد: کارکرد مؤثر و پایداری نظام‌های طبیعی تا اندازه‌ی زیادی به این دلیل است که این نظام‌ها به نور خورشید و گردش مواد متکی هستند. مواد موجود در این نظام‌ها که تاکنون از آن‌ها به عنوان مواد غذایی یا مواد مغذی نام‌برده شده است به‌همه‌ی یون‌ها (اتم یا اتم‌های باردار) و ملکول‌هایی اطلاق می‌شود که توسط موجودات زنده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در اکوسیستم‌ها، مواد از محیط‌زیست به شبکه‌های غذایی وارد می‌شوند و پس از سیر در شبکه‌ها بار دیگر به محیط‌زیست برمی‌گردند. این گردش که شامل دور زدن مواد می‌شود به چرخه‌ی بیوژئوشیمیایی نیز موسوم است.

به‌طور کلی چرخه‌های مواد را می‌توان به دو فاز یا مرحله‌ی اصلی تقسیم کرد (مطابق شکل ۱۱-۲)؛ فاز زیست محیطی و فاز زنده. در فاز زیست محیطی، ماده یا مواد در هوا، آب یا خاک وجود دارند، و گاهی نیز ممکن است در دو یا هر سه محیط مزبور وجود داشته باشند. اما در فاز زنده، مواد در گیاه، حیوان یا موجودات زنده‌ی ذره‌بینی وجود دارند.

در نظام زیستی جهان ده‌ها چرخه‌ی طبیعی به‌طور دائم و پیوسته فعال‌اند تا عناصر و مواد شیمیایی مورد نیاز همه‌ی موجودات زنده (برای حال و آینده) را تأمین کنند. ولی متأسفانه، امروز بسیاری از فعالیت‌های انسان چرخه‌های مواد غذایی را مختل می‌کند. فعالیت‌هایی که می‌تواند به ادامه‌ی حیات گونه‌ها تأثیر منفی و شدیدی به‌جا بگذارد.

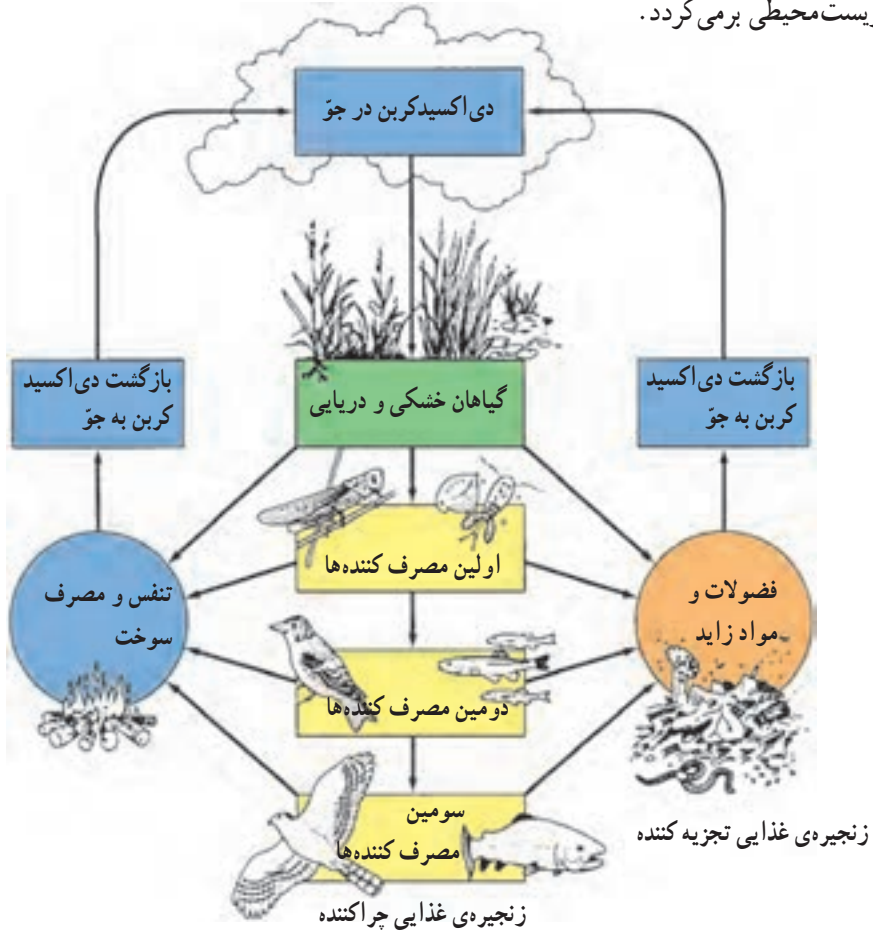


شکل ۱۱-۲- مواد مغذی در موجودات زنده و محیط زیست غیرزنده وجود دارند. آن‌ها مرتباً بین این اجزای اکوسیستم دور می‌زنند.

- | | | | |
|---------|--------|--------------|--------|
| متان | CH_4 | دی‌اکسیدکربن | CO_2 |
| نیتروژن | N_2 | فسفات | PO_4 |
| نیترات | NO_3 | | |

چرخه‌ی کربن: در شکل ۱۲-۲ شمای ساده‌ای از چرخه‌ی کربن نشان داده شده است. برای تشریح این شما از دی‌اکسیدکربن شروع می‌کنیم: در فاز زیست محیطی چرخه، دی‌اکسیدکربن در دو منبع بزرگ حضور دارد (به‌صورت شناور یا محلول): یکی در جو و دیگری در آب‌های اقیانوس‌ها،

دریاها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها. همان‌طور که نشان داده شده است، دی‌اکسیدکربن توسط جلبک‌ها، گیاهان و سایر موجودات زنده‌ی فتوسنتز کننده جذب می‌شود و از این‌جا به فاز زنده‌ی چرخه وارد می‌گردد. موجودات تولید کننده، دی‌اکسیدکربن را به مواد غذایی آلی تبدیل می‌کنند که مواد غذایی هم در زنجیره‌ی غذایی سیر می‌کند. با عمل تنفسی دی‌اکسیدکربن توسط موجودات زنده به فاز زیست محیطی برمی‌گردد.



شکل ۱۲-۲- شمای ساده‌ی چرخه‌ی کربن - دی‌اکسیدکربن موجود در جو توسط گیاهان جذب شده و به زنجیره‌ی غذایی وارد می‌شود. پس از تجزیه‌ی فضولات و مواد زاید گیاهی، حیوانی و موجودات زنده‌ی ذره‌بینی و همچنین با تنفس موجودات زنده و احتراق مواد آلی مانند زغال‌سنگ، نفت، بنزین و چوب به محیط زیست برمی‌گردد. برای ده‌ها هزار سال نیاکان ما در سازگاری با طبیعت زندگی کردند. جمعیت آن‌ها کم بود و چون فاقد تکنولوژی (فناوری) به معنی امروزی بودند تأثیر چندان مخربی بر محیط زیست نداشتند اما با ظهور انقلاب صنعتی، دخالت انسان بر فرآیندهای طبیعی در وسعت زیادی افزایش یافت. یکی از قربانیان این وضع چرخه‌ی جهانی کربن است. زیرا احتراق گسترده‌ی سوخت‌های فسیلی (که

دی اکسیدکربن تولید می کنند) و انبوه جنگل زدایی (که موجب کاهش جذب دی اکسیدکربن توسط جنگل ها شده است) باعث تراکم شدید دی اکسیدکربن در چرخه ی کربن گشته است.

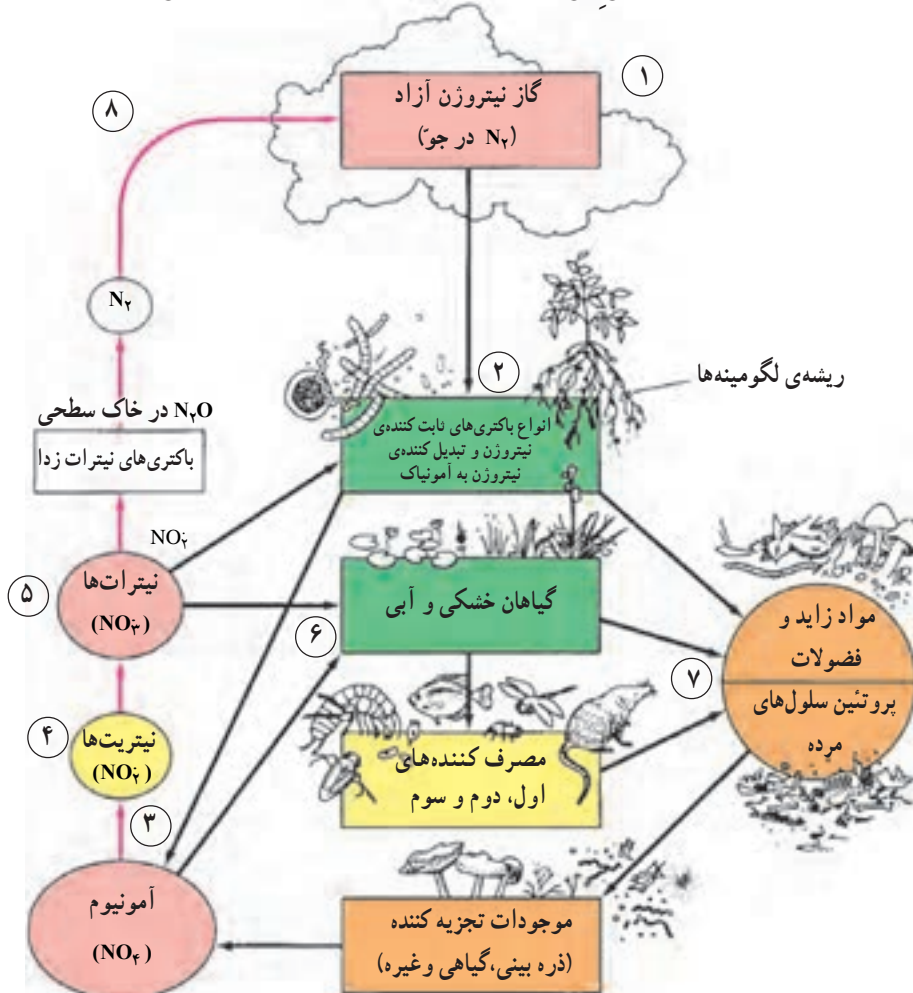
قبل از انقلاب صنعتی، تولید جهانی دی اکسیدکربن با جذب دی اکسیدکربن توسط گیاهان و جلبک ها برابر بود. اما امروز، سالیانه هفت میلیارد تن دی اکسیدکربن به جو اضافه می شود که سه چهارم آن به علت احتراق سوخت های فسیلی مانند بنزین و گازوئیل خودروهای ما می باشد. یک چهارم باقی مانده نیز مربوط به جنگل زدایی است که سبب شده است جذب دی اکسیدکربن توسط گیاهان به شدت کاسته شود. بدتر این که، بقایای خیلی از جنگل ها پس از بریدن درخت هایشان سوزانده می شوند که این هم به دی اکسیدکربن موجود در جو می افزاید.

در یک صد سال گذشته، بیست و پنج درصد به میزان دی اکسیدکربن جو افزوده شده است. دی اکسیدکربن موجود در جو گرمای منعکس شده از سطح زمین را جذب می کند و مجدداً آن را به سطح زمین بازگشت می دهد. در نتیجه دمای کره ی زمین افزایش می یابد که خود تأثیرات مخربی بر آب و هوای جهان می گذارد، از جمله الگوهای بارندگی را جابه جا می کند، تولید محصولات کشاورزی را در بسیاری از مناطق زمین نابود یا دچار مشکل می کند و هزاران گونه ی گیاهی و جانوری را منقرض می سازد. علاوه بر این افزایش دمای جهان، می تواند در آینده موجب ذوب شدن یخچال های طبیعی و یخ های قطبی شود، به طوری که سطح آب دریاها را بالا برده و در نتیجه مناطق پست ساحلی را دچار سیلاب و آب گرفتگی کند. خوشبختانه، راهبردهای اقتصادی مقرون به صرفه ای برای کاهش اتکای ما به سوخت های فسیلی وجود دارد که یکی از مهم ترین آن ها استفاده ی بهینه از انرژی و به کارگیری منابع تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و باد است.

چرخه ی نیتروژن: چنان که می دانید موجودات زنده اساساً نیازمند ملکول های حاوی نیتروژن هستند. ملکول های حاوی نیتروژن عبارت اند از پروتئین ها، اسیدهای آمینه، ویتامین ها، آنزیم ها و هورمون ها. تقریباً هفتاد و هشت درصد (۷۸٪) جو زمین از گاز نیتروژن تشکیل شده است. ولی چون اغلب گیاهان و جانوران نمی توانند آن را به صورت گازی مورد استفاده قرار بدهند در محیط زیست یک گردش طبیعی برای جذب و تبدیل نیتروژن به صورت قابل استفاده در جای مناسب وجود دارد. در شکل ۱۳-۲ نمونه ی ساده ای از این گردش بیوژئوشیمیایی را ملاحظه می کنید. باکتری های ثابت کننده ی^۱ نیتروژن در خاک، جلبک های سبز و آبی در آب، و باکتری های نخودی شکل در یونجه، شبدر، نخود، لوبیا، ماش و سایر لگومینه ها می توانند نیتروژن گازی را به املاح نیتروژنی جامد (شامل یون های نترات یا NO_3^-) تبدیل سازند. این گونه نترات ها به آسانی در آب و خاک و توسط

۱- تبدیل نیتروژن به آمونیم و اتفاقات بعدی آن به تثبیت یا ثابت کردن نیتروژن معروف است.

ریشه‌های گیاهی جذب می‌شوند. سپس گیاهان، نیترات‌ها را به ملکول‌های درشت پروتئینی شامل نیتروژن و سایر ملکول‌های نیتروژنی آلی، که برای حیات ضروری است، تبدیل می‌کنند.



شکل ۱۳-۲- شکل ساده‌ای از چرخه‌ی نیتروژن - نیتروژن جوّ توسط باکتری‌ها به آمونیوم تبدیل می‌شود. آمونیوم نیز به انواع نیتريت تبدیل شده و توسط گیاهان جذب می‌شود. برای ردیابی جابه‌جایی و چرخه‌ی نیتروژن دایره‌های عددگذاری شده را دنبال کنید.

وقتی حیوان گیاه را می‌خورد، مقداری از این ملکول‌های پروتئینی حاوی نیتروژن به بدن او منتقل می‌شود و سپس به مصرف کننده‌های بعدی می‌رسد. پس از مرگ حیوان و گیاه، تجزیه کننده‌ها این ملکول‌های درشت آلی نیتروژن‌دار را به گاز آمونیاک (NH_3) و املاح محلول حاوی یون آمونیوم (NH_4^+) تجزیه می‌کنند. NH_4^+ و NH_3 به وسیله‌ی سایر باکتری‌ها یا به یون محلول نیتريت (NO_2^-) و یا به محلول نیترات (NO_3^-) تبدیل می‌شوند و یا تبدیل به اکسیدنیتروژن (NO_x) می‌شوند. بعضی از گیاهان می‌توانند یون آمونیوم محلول را جذب و آن را به ملکول‌های پروتئینی حاوی نیتروژن

تبدیل کنند. گروهی از باکتری‌ها می‌توانند یک اتم اکسیژن را به یون نیتريت (NO_2^-) اضافه کرده و آن را به یون نترات (NO_3^-) که توسط گیاهان جذب می‌شود، تبدیل کنند. مقداری از نیتروژن موجود در نمک‌های محلول نترات همراه با باران یا آب رودها به دریاها می‌ریزد.

تأثیر فعالیت‌های انسان بر چرخه‌ی نیتروژن: انسان در حداقل چهار فعالیت موجب ایجاد تغییراتی در چرخه‌ی طبیعی نیتروژن می‌شود که آثار زیانباری بر محیط‌زیست دارد:

۱- مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار (کود نترات) در فعالیت‌های کشاورزی که سبب می‌شود نیتروژن از طریق نهرها، رودخانه‌ها و جریان‌های بارانی به اکوسیستم‌های آبی وارد شود.

۲- سرازیر کردن فاضلاب‌های شهری و روستایی مملو از نیتروژن به سوی نهرها و رودخانه‌ها که در نهایت به تالاب‌ها، دریاچه‌ها، دریاها منتهی می‌شود.

۳- پرورش دام در دامداری‌های مجاور نهرها و رودخانه‌ها.

۴- سوزاندن سوخت‌های فسیلی که بعضی از آن‌ها ترکیبات شیمیایی اکسیدهای نیتروژن را در جو رها می‌سازند.

سه فعالیت اول غلظت نیتروژن را در خاک و آب افزایش داده موجب به هم خوردن تعادل اکولوژیکی می‌شوند. اکسیدهای نیتروژن رها شده در جو توسط نیروگاه‌ها، خودروها یا طرق دیگر به اسیدنیتريك تبدیل گردیده با برف و باران همراه می‌شوند و pH (اسیدیته) محیط‌های زیست (آبی و خشکی) را تغییر می‌دهند، در نتیجه موجب آلودگی نیتروژنی آب‌های سطحی و غالب آب‌های سواحل دریایی می‌گردند.

نیتروژن، مانند فسفر، یک ماده‌ی غذایی برای گیاهان است، چنان که قبلاً نیز خواندید، در محیط آب، رشد گیاهان را تحریک می‌کند به طوری که با زیاد شدن آن در آب، رشد گیاهان تشدید گردیده موجب پوشاندن سطح آب از گیاه می‌شود. تاکنون سطح برخی رودخانه‌ها و دریاچه‌ها آن قدر از گیاه پوشیده شده است که قایق‌رانی را با مشکل مواجه کرده است. به علاوه، نفوذ نور آفتاب نیز به لایه‌های پایین‌تر کم‌تر و حتی ناممکن می‌شود که این امر به کاهش تولید اکسیژن در آب می‌انجامد. در لایه‌های پایین‌تر که گیاهان مرده انباشته شده و تجزیه می‌شوند تولید اکسیژن بیش از این کاهش می‌یابد و در نتیجه موجب مرگ آب‌زیان می‌شود.

چرخه‌ی فسفر: چرخه‌ی فسفر یک چرخه‌ی رسوبی است و پوسته‌ی زمین اهمیت اصلی را در ذخیره‌سازی این ماده دارد. فسفر یک ماده‌ی مهم ژنتیکی است و در تشکیل سلول، استخوان و دندان نقش دارد و گردش آن در بدن موجودات زنده نسبتاً سریع است. برخی از سنگ‌های فسفات‌دار (حاوی یون‌های PO_4^{3-}) در آب موجود در خاک، به صورت محلول، وجود دارند. گیاهان این یون را

جذب کرده و فسفر آن را به حیوانات می دهند و حیوانات نیز آن را، سرانجام، به صورت فضولات حیوانی به خاک، رودخانه و بالاخره اقیانوس برمی گردانند.

چرخه‌ی فسفر: از خشکی به آب و از آب به خشکی، دارای سرعت نسبتاً آرامی است. ذخیره‌ی اصلی فسفر سنگ‌های فسفات‌دار است که در پوسته‌ی زمین به صورت معدنی وجود دارد. با فرسایش سنگ‌ها، فسفر به آرامی شسته شده به رودخانه‌ها و نهایتاً به دریاها و اقیانوس‌ها می‌رسد. بیش‌تر این فسفر در کف نواحی کم‌عمق دریایی و اقیانوسی، در نزدیکی سواحل، رسوبات غیرمحلول از خود برجا می‌گذارد. دانشمندان عقیده دارند، بعد از میلیون‌ها سال انباشتگی، این رسوبات با وارد شدن به فرآیندهای زمین‌شناسی سر از کوه‌ها برمی‌آورد و چرخش فسفر بار دیگر شروع می‌شود. البته قسمتی از فسفر هم در رسوبات نواحی عمیق دریایی و اقیانوسی دفن می‌شود.

چون فرآیندهای زمین‌شناسی خیلی کند صورت می‌گیرد، شسته شدن فسفر و حرکت آن به دریا سریع‌تر از برگشت آن به خشکی است. ماهی‌های صید شده و نیز پرندگان ماهی‌خوار با فضله‌ی خود هریک مقداری از فسفر را به خشکی برمی‌گردانند، که در این‌جا اهمیت حفظ نسل‌های ماهیان و پرندگان دریایی بیش‌تر آشکار می‌شود. با وجود این میزان برگشت فسفر به خشکی، در مقایسه با میزان فسفر وارد شده به اقیانوس‌ها، ناچیز است؛ علاوه بر این برخی فعالیت‌های انسان مانند جاده‌سازی، استخراج معادن فسفات و جنگل‌تراشی بر فرسایش سنگ‌های فسفات‌دار و در نتیجه راندن فسفر به دریاها شتاب می‌دهد.

سایر مواد مهم: کربن، فسفر، نیتروژن، اکسیژن، هیدروژن و گوگرد شش عنصری هستند که بیش از ۹۵ درصد عناصر بدن موجودات زنده را تشکیل می‌دهند. این مواد جزء مواد غذایی کلان قرار دارند. عناصری مانند آهن، منگنز، مس و ید، جزء مواد غذایی خرد قرار می‌گیرند. شما تاکنون با چرخه‌ی کربن، فسفر و نیتروژن آشنا شده‌اید. انتظار می‌رود بتوانید با اطلاعات به‌دست آمده در این فصل، شکل کلی چرخه‌های اکسیژن و آب را تهیه کنید.

۶-۲- پرسش‌ها

۱- «انسان جزئی از طبیعت است». اگر شما هم با این عبارت موافقید. دلایل خود را ذکر کنید.

۲- اکولوژی یا بوم‌شناسی را تعریف کنید.

۳- «زمین یک نظام بسته است». اگر با این عبارت موافقید دلایل خود را ذکر کنید.

۴- بخش‌های اصلی بیوسفر (زیست‌کره) را شرح دهید و ارتباط آن‌ها را با

یکدیگر بیان کنید.

۵- حدّ تحمل را تعریف کنید. با استفاده از اطلاعات این فصل و دانش خودتان از اکولوژی (بوم‌شناسی) مثال‌هایی از چگونگی تأثیر انسان بر تغییر شرایط غیرزنده و زنده‌ی مربوط به موجودات معین ارائه کنید. بی‌آمدهای چنین تأثیرهایی را شرح دهید.

۶- واژه‌های زیر را تعریف کنید.

زیستگاه، آشیان، تولیدکننده، مصرف‌کننده، سطوح غذایی، زنجیره‌ی غذایی.

۷- توضیح دهید که چگونه بیوماس در یک سطح غذایی، کم‌تر از بیوماس در سطح غذایی بعدی است.

۸- چگونگی جریان یافتن دی‌اکسیدکربن در چرخه‌ی کربن را با رسم شکل توضیح دهید و راه‌هایی را که انسان بر این چرخه تأثیر می‌گذارد نام ببرید و شرح دهید.

۹- با توجه به آنچه از اکولوژی (بوم‌شناسی) آموخته‌اید اهمیت حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی و گونه‌ها را شرح دهید.

۱۰- با اطلاعاتی که اکنون دارید اهمیت حفاظت از زیستگاه گونه‌های در معرض انقراض را توضیح دهید.

۱۱- با مرور اصولی که در این فصل بیان شد جامعه‌ی بشری را برای داشتن زندگی پایدار راهنمایی کنید (یک فهرست راهنما تهیه کنید).

۲-۲- کارهای عملی

این سه فعالیت در گروه‌های سه‌الی پنج نفری، مانند فصل قبل، انجام می‌شود.

۱- یکی از پروژه‌های سازندگی منطقه را با مشورت مربی انتخاب کنید. شرایط زیست‌محیطی را قبل و بعد از اتمام پروژه با یکدیگر مقایسه کنید. این پروژه چگونه در شرایط غیرزنده و زنده‌ی محیط‌زیست تأثیر گذارده است.

۲- زیستگاه یکی از جانوران منطقه‌ی خود را شناسایی کنید. شرایط غیرزنده و زنده‌ی این زیستگاه را نیز شناسایی کنید. این جانور از چه گونه‌هایی تغذیه می‌کند و خود توسط چه جانوران یا موجوداتی شکار می‌شود. رقیب یا رقبای او چه موجوداتی هستند چه عواملی در افزایش یا کاهش جمعیت این جانور مؤثر بوده است؟ این موجود در حفظ تعادل اکولوژیکی محیط‌زیست منطقه چه نقشی دارد؟ پروژه‌های سازندگی چه تأثیری بر زیستگاه این موجود گذارده است؟

۳- تأثیر رفتار اهالی یک منطقه و کارخانه‌های موجود در آن را در افزایش دی‌اکسید کربن جو بررسی کنید. برای جلوگیری از این افزایش (برای منطقه‌ی خودتان) چه پیشنهاد می‌کنید؟

ارائه‌ی گزارش‌ها و بحث در کلاس

مانند بحث فصل یکم، با هدایت مربی پاسخ‌هایی برای سؤالات زیر تهیه کنید:

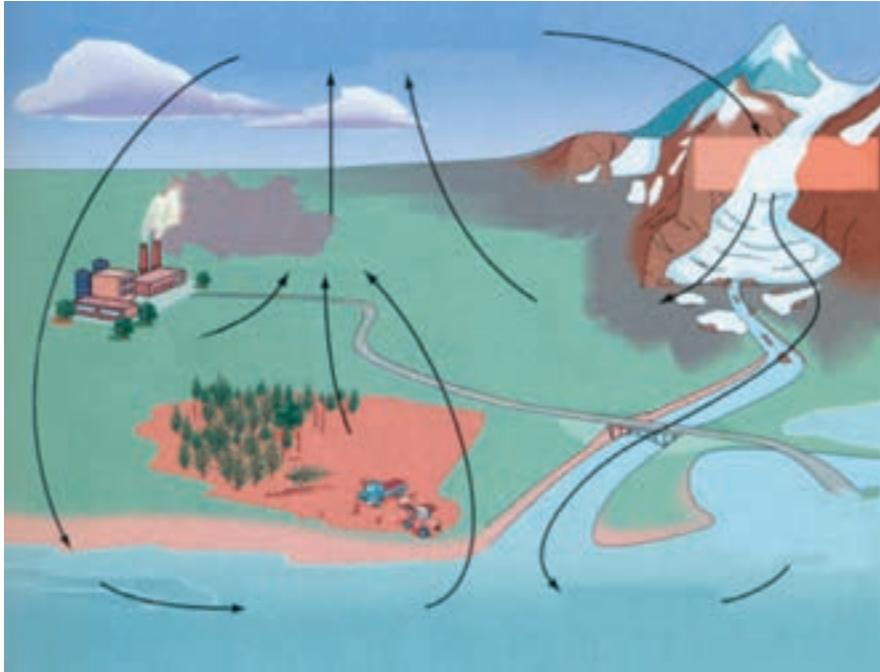
- ۱- آیا می‌توان زبان‌های حاصل از پروژه‌های سازندگی را بر محیط‌زیست ترمیم کرد؟ برای این کار چه تغییراتی در رفتار انسان‌ها باید به‌وجود آید؟
- ۲- آیا می‌توانید به مسئولان منطقه نامه‌ای بنویسید و لزوم ارزیابی از اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های سازندگی را، قبل از تصویب و اجرا در این منطقه، برای آنان بیان کنید؟
- ۳- آیا دلایل کافی لزوم حفاظت از زیستگاه‌های جانوری و گیاهی در منطقه‌ی شما وجود دارد؟ آیا می‌توانید این دلایل را برای مسئولان محیط‌زیست توضیح دهید؟ در این صورت، آن را به‌صورت نامه‌ای برای ایشان بنویسید.

مطالعه‌ی آزاد

به شکل‌های ۲-۱۴ و ۲-۱۵ با دقت توجه و تفسیر خودتان را از این دو شکل بیان کنید.



شکل ۲-۱۴- موازنه‌ی جهانی انرژی



شکل ۱۵-۲- بازخورد خطرناک

همان خدایی که زمین را گهواره‌ی شما قرار داد و برای شما در آن راه‌ها
پدید آورد و هم از آسمان آب نازل کرد تا به آن آب، انواع نباتات مختلف از زمین
برویانیدیم.

سوره‌ی طه آیه‌ی ۵۳