

اکولوژی عمومی

تألیف:

دکتر رضا قربانی

با همکاری:

مهندس محمدتقی آل ابراهیم

۱۳۸۸

قربانی، رضا.

اکولوژی عمومی / تألیف رضا قربانی. -- مشهد: جهاددانشگاهی مشهد، ۱۳۸۸.
۳۴۴ ص.: مصور، جدول، نمودار. -- (انتشارات جهاددانشگاهی مشهد؛ ۳۹۲. کشاورزی؛ ۱۳۵)
ISBN: 964-324-200-8

کتابنامه: ص. [۲۹۵] - ۳۰۰.

۱. اکولوژی. ۲. اکولوژی عمومی. ۳. جغرافیای زیستی. الف. جهاددانشگاهی مشهد.

ب. عنوان.

۵۷۷/۵

۷ الف ۴ ق / ۵۴۱ QH



انتشارات جهاددانشگاهی مشهد

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، سازمان مرکزی جهاددانشگاهی

ص. پ. ۹۱۷۷۵ - ۱۳۷۶ / تلفن: ۸۸۳۲۳۶۷ / ۲. ۸۸۳۲۳۶۰

E-mail: info@jdmpress.com / www.jdmpress.com

اکولوژی عمومی

تألیف: دکتر رضا قربانی، با همکاری: مهندس محمدتقی آل ابراهیم

حروفچینی هاشمی نجفی / لیتوگرافی مشهد اسکنر / چاپ و صحافی چاپ سعید

چاپ اول پاییز ۱۳۸۸ / ۱۶۵۰ نسخه / شماره نشر ۳۹۲

ISBN: 964-324-200-8

شابک ۹۶۴-۳۲۴-۲۰۰-۸

کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۵۸,۰۰۰ ریال

به نام خداوند جان و خرد

کتاب بزرگترین دستاورد فرهنگی بشر است. دانش بشری مدیون هزاران هزار کتابی است که در طول تاریخ با رنج و تلاش فراوان گرد آمده‌اند. کتاب تداوم معرفت علمی انسان است که سرانجام به تراکم دانش و بروز دگرگونی‌های تمدنی می‌انجامد.

جهاد دانشگاهی مشهد بر این باور است که نخستین گام در راه بهبود ساختارهای اقتصادی-اجتماعی و توسعه کشور، دستیابی به تازه‌های دانش و نشر یافته‌های پژوهشگران است. کتاب حاضر سیصد و نود و دو مین اثری است که با همین رویکرد منتشر می‌شود. رهنمودهای خوانندگان فرهیخته می‌تواند ما را در ارتقای سطح کیفی و کمی این آثار یاری نماید.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

تقدیم به:

دکتر علیرضا کوچکی؛

پیشگام و طلایه‌دار علم کشاورزی در ایران

و

پدر، مادر و همسر عزیزم؛

که بدون همراهی آنان، این اثر به انجام نمی‌رسد.

فهرست

۵. بیوم‌ها

انواع بیوم‌ها.....	۵۰
بیوم توندرا.....	۵۲
بیوم جنگلی.....	۵۴
بیوم تایگا یا جنگل سوزنی‌برگان	
(شمالی و معتدل).....	۵۶
بیوم جنگل‌های معتدل خزان‌کننده.....	۵۷
بیوم علفزارها.....	۵۸
بیوم‌های بیابان (صحرا)، نیمه‌بیابان و بوته‌زارها.....	۶۱
بیوم جنگل‌های پرباران نیمه‌حاره و حاره.....	۶۴
بیوم جنگل‌های خشک حاره.....	۶۵
بیوم کوهستان‌ها.....	۶۵
بیوم آب‌های شیرین.....	۶۶
بیوم آب‌های شور.....	۶۷

۶. اصول و مفاهیم انرژی در سیستم‌های اکولوژیک

قوانین ترمودینامیک.....	۷۶
واحدهای انرژی.....	۷۷
منابع انرژی.....	۷۹
سیر انرژی خورشید در اجزای	
غیرزنده اکوسیستم زمین.....	۸۲
سیر انرژی در اجزای زنده اکوسیستم زمین.....	۸۶
بیوماس یا زیست‌توده.....	۹۰
انرژی کمکی.....	۹۱
تولید در اکوسیستم.....	۹۱
اندازه‌گیری تولید اکوسیستم.....	۹۳
ثبات انرژی در اکوسیستم.....	۹۷
تولید خالص اولیه بیوسفر.....	۹۸
رابطه تولید و بیوماس.....	۹۹
رابطه تولید ناخالص اولیه و تنفس.....	۱۰۰

پیشگفتار..... ۷

۱. تاریخچه، تعاریف و اهداف علم اکولوژی

علم اکولوژی.....	۹
تاریخچه توسعه علم اکولوژی.....	۱۰
اکولوژی و علم محیط زیست.....	۱۲
شاخه‌های علم اکولوژی.....	۱۳
محدوده مطالعات اکولوژیکی.....	۱۵
روش‌های مطالعه اکولوژی.....	۱۸
کاربرد روش‌های علمی در مطالعات اکولوژیکی.....	۱۹

۲. تکامل، انتخاب طبیعی و انقراض گونه‌ها

تکامل و اکولوژی.....	۲۱
سازگاری و اکولوژی.....	۲۲
عوامل ایجاد سازگاری.....	۲۴
تکامل توأم.....	۲۵
انقراض گونه‌ها.....	۲۶
الگوهای انقراض.....	۲۷

۳. مفهوم، اصول کار و اجزای تشکیل دهنده اکوسیستم

سیستم یا نظام.....	۳۱
تعریف اکوسیستم یا بوم‌نظام.....	۳۲
بیوسفر.....	۳۲
انواع اکوسیستم‌ها.....	۳۴
اجزای اکوسیستم.....	۳۴
فرایندهای اکوسیستم.....	۳۶

۴. ثبات در اکوسیستم

ثبات در اکوسیستم.....	۴۳

۱۹۲	۵. فشار.....
۱۹۳	۶. آتش.....
۱۹۵	عوامل توپوگرافی یا پستی و بلندی.....
۱۹۶	عوامل اداپیک.....
۲۰۳	عوامل زیستی.....

۹. اکولوژی جمعیت

۲۰۷	مقدمه و تعریف.....
۲۰۸	تراکم جمعیت.....
۲۱۱	تغییرات تراکم جمعیت.....
۲۱۴	جداول عمر.....
۲۱۶	منحنی‌های بقا یا منحنی‌های بازماندگان.....
۲۱۷	ساختمان سنی.....
۲۱۹	آهنگ رشد جمعیت.....
۲۲۸	نوسانات جمعیت.....
۲۲۹	الگوی توزیع افراد جمعیت.....
۲۳۱	پراکندگی جمعیت.....
۲۳۳	حریم یا قلمرو.....
۲۳۴	روابط بین جمعیت‌ها.....

۱۰. اکولوژی جامعه

۲۴۳	تعریف و مفهوم جامعه.....
۲۴۴	نیچ یا آشیانه اکولوژیکی.....
۲۴۷	تنوع.....
۲۵۶	غالبیت اکولوژیکی.....
۲۵۹	الگوی جامعه.....
۲۶۰	حاشیه.....
۲۶۲	تغییرات جامعه.....
۲۶۲	توالی اکولوژیکی.....

۱۱. انسان، غذا و محیط زیست

۲۷۳	اکولوژی و انسان.....
۲۷۶	انسان و مشکلات تأمین انرژی.....
۲۷۹	انسان و مصرف آب.....
۲۸۱	تغییر اقلیم و مشکلات زیست‌محیطی.....
۲۸۲	تخریب لایه ازن و آلودگی‌های ناشی از ازن.....
۲۸۵	انسان، کشاورزی و تولید غذا.....

منابع

۲۹۵	
۳۰۱	واژه‌نامه.....

۱۰۱	رابطه جنه و متابولیسم.....
۱۰۲	زنجیره‌ها، شبکه‌ها و سطوح غذایی.....
۱۰۶	مدل سطوح غذایی ادم.....
۱۰۷	ساختمان غذایی و هرم‌های اکولوژیکی.....
۱۱۰	راندمان‌های اکولوژیکی.....
۱۱۵	راندمان بین سطوح غذایی.....
۱۱۶	انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی.....
۱۲۲	انرژی‌های جایگزین.....
۱۲۵	انرژی خورشیدی.....
۱۲۶	انرژی زیستی.....
۱۲۹	انرژی هسته‌ای.....
۱۳۱	انرژی ژئوترمال یا زمین‌گرمایی.....
۱۳۳	انرژی باد.....
۱۳۸	انرژی امواج.....
۱۳۹	هیدروژن، سوخت جایگزین.....
۱۴۰	اگرزری.....

۷. چرخه‌های زیست-زمین-شیمیایی

۱۴۳	مقدمه و تعاریف.....
۱۴۵	چرخه‌های مواد.....
۱۴۶	چرخه آب یا چرخه هیدرولوژی.....
۱۴۸	چرخه‌های گازی.....
۱۴۸	۱. چرخه کربن.....
۱۵۴	۲. چرخه نیتروژن.....
۱۵۸	۳. چرخه اکسیژن.....
۱۵۸	چرخه‌های رسوبی.....
۱۵۹	چرخه فسفر.....
۱۶۰	چرخه گوگرد.....
۱۶۱	چرخه مواد رادیواکتیو.....

۸. عوامل محدودکننده

۱۶۵	مقدمه و تعاریف.....
۱۶۵	اصول مربوط به عوامل محدودکننده.....
۱۶۹	انواع عوامل محدودکننده.....
۱۶۹	عوامل.....
۱۷۰	انواع عوامل اقلیمی محدودکننده.....
۱۷۰	۱. نور.....
۱۷۷	۲. درجه حرارت.....
۱۸۳	۳. آب.....
۱۹۱	۴. جریان‌های محیطی.....

پیشگفتار

زندگی در عصر اکولوژی اهمیت و ضرورت این علم را در شاخه‌های مختلف علوم و جنبه‌های گوناگون زندگی ما روزبه‌روز بیشتر آشکار می‌کند. انقلابی که در نیم قرن گذشته در روابط انسان و محیط زیست به وجود آمده از تصمیم‌گیری‌های نادرست انسان نشأت می‌گیرد. به عبارت دیگر، انسان پی برده است که برای جلوگیری از تخریب و نابودی محیط زندگی و نسل انسان و سایر موجودات زنده ناچار است از اشتباهات گذشته و تصمیم‌گیری‌های نادرست در گذشته درس گرفته و با به کارگیری اصول علم اکولوژی و علم محیط زیست از ادامه روند سریع تخریب محیط جلوگیری نماید.

جنبه‌های علمی کاربردی مربوط به مسائل و مشکلات زیست‌محیطی بیشتر در علم مهندسی محیط زیست موردبررسی قرار می‌گیرد. اما شناخت اصول علمی حاکم بر آنها مربوط به علم اکولوژی می‌باشد و نقش علم اکولوژی برای بررسی مشکلات و مسائل محیط زیست همانند نقش علم فیزیک برای علوم مهندسی و فنی می‌باشد. علاوه بر اینها، در عصر حاضر مطالعه علم اکولوژی در علوم مختلف مانند علوم کشاورزی و منابع طبیعی، زیست‌شناسی و حتی علوم انسانی و اقتصادی و اجتماعی به صورت یک نیاز ضروری احساس گردیده است. فعالیت‌های مختلف انسان مانند کشاورزی، صنعتی، اقتصادی و اجتماعی و غیره بر محیط زیست اثرات عمیقی دارند و بنابراین برای جلوگیری از این اثرات منفی و تخریب کمتر محیط زندگی، ضرورت مطالعه و آشنایی با مبانی علم اکولوژی در علوم مختلف روزبه‌روز نمایان‌تر گردیده است.

مجموعه مطالب این کتاب، اصول و مبانی علم اکولوژی عمومی را برای دانشجویان و سایر علاقه‌مندان تشریح می‌نماید. سرفصل‌های دروس اکولوژی عمومی و اکولوژی کشاورزی در این مجموعه موردبررسی قرار گرفته‌اند به طوری که کتاب حاضر می‌تواند به عنوان یک منبع درسی برای دانشجویان مقاطع کارشناسی رشته‌های مختلف علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست و سایر علوم مرتبط مورد استفاده قرار گیرد. باید اذعان داشت که مجموعه حاضر خالی از اشکال نبوده و از خوانندگان محترم درخواست می‌گردد نویسنده را از پیشنهادات اصلاحی و ارزنده خود بهره‌مند فرمایند.

تاریخچه، تعاریف و اهداف علم اکولوژی

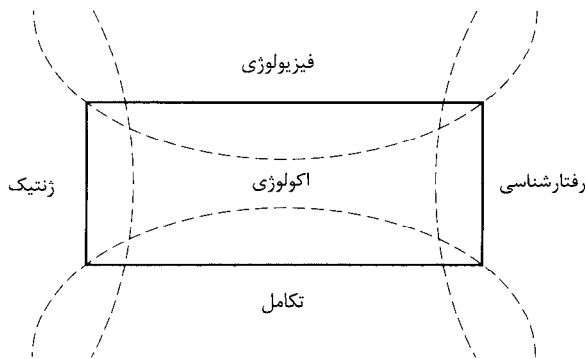
علم اکولوژی

اکولوژی^۱ علم نسبتاً جدیدی است که اولین بار در نیمه آخر قرن نوزدهم مطرح گردید. در سال ۱۸۵۸ هنری تئورث^۲ کلمه اکولوژی را در نوشته‌هایش به کار برد ولی نتوانست آن را تعریف نماید. در سال ۱۸۶۹ ارنست هکل^۳، اکولوژی را به عنوان “روابط کلی حیوانات با محیط‌های زنده و غیرزنده” تعریف کرد. بنابراین، ارنست هکل اولین کسی بود که اکولوژی را به جهان دانش معرفی کرد. تعریفی که وی از اکولوژی نمود، هنوز هم مورد قبول بسیاری از دانشمندان اکولوژی می‌باشد. چارلز التون^۴ در سال ۱۹۲۷ اکولوژی را “تاریخ طبیعی علمی” تعریف کرده است. به‌طور کلی، اکولوژی مجموعه شناخت‌هایی است که انسان، درباره تأثیر محیط بر موجودات زنده، تأثیر موجودات زنده بر محیط و ارتباطات متقابل بین موجودات زنده به‌دست می‌آورد و به‌طور خلاصه اکولوژی درباره تأثیر متقابل موجودات زنده با یکدیگر و با محیط بحث می‌کند.

کلمه اکولوژی از دو بخش “اکو”^۵ مشتق از کلمه یونانی “اویکس”^۶ به معنی خانه، بستر زیست، محیط زیست و سکونتگاه و “لوژی”^۷ مشتق از کلمه یونانی “لوگوس”^۸ به معنی شناخت و مطالعه، تشکیل شده است. بنابراین، تعریف مصطلح اکولوژی عبارت از علمی است که موجودات زنده را در بستر زیست‌شان مطالعه می‌کند.

در عصر حاضر چارلز کربس^۹ در کتاب اکولوژی خود، اکولوژی را مطالعه علمی روابطی دانسته است که تعیین‌کننده توزیع و فراوانی موجودات زنده می‌باشند. این مشابه تعریف آندروارثا^{۱۰} در سال ۱۹۶۱ می‌باشد. ادوم^{۱۱} (۱۹۶۳) که یکی از معروفترین اکولوژیست‌هاست، اکولوژی را “علم مطالعهٔ ساختمان و عمل طبیعت” تعریف کرد. تعاریف دیگری نیز توسط دیگران ارائه شده است مانند: اکولوژی عبارت است از

-
1. Ecology
 2. Henry Thoreau
 3. Ernst Haeckel
 4. Charles Elton
 5. Eco
 6. Oikos
 7. Logy
 8. Logos
 9. Charles J. Krebs
 10. Andrewwartha
 11. Eugene P. Odum



شکل ۱-۱ اکولوژی و علوم مرتبط با آن.

مطالعه محیط زیست و نحوه سکنی گزیدن موجودات زنده در آن. اکولوژی مطالعه علمی روابطی است که توزیع و فراوانی موجودات زنده را تعیین می کند. اکولوژی علمی است که درباره روابط متقابل موجودات زنده و محیط پیرامونشان بحث می کند.

نیازهای حیاتی موجودات زنده از محیط اطرافشان تأمین می گردد. به عبارت دیگر، محیط پیرامون یک گیاه یا یک جانور مخزنی برای تأمین انرژی و مواد مورد نیاز موجود زنده و نیز مخزنی برای مواد دفعی و فضولات آنها می باشد. اما تهیه مواد برای موجودات زنده، تنها وظیفه محیط پیرامون نیست؛ بلکه جانوران و گیاهان نیز برای ادامه حیات، روابط متقابلی با یکدیگر دارند. هر موجود زنده درون یک سیستم یا نظامی جای دارد که می تواند به حیاتش ادامه دهد و علم اکولوژی، علم بررسی این روابط و نظام هاست. بنابراین، علم اکولوژی روابط متقابل موجودات زنده و محیط اطراف آنها و نیز روابط متقابل موجودات زنده با یکدیگر را بررسی می کند.

علم اکولوژی می گوشت که: اولاً انواع موجودات زنده (اجتماع) و اجزای غیرزنده (محیط) را در جایگاه طبیعی شان به خوبی بشناسد، ثانیاً خصوصیات عمل و رفتار هریک از موجودات زنده را به عنوان فرایندهای طبیعت هرچند دقیق تر شناسایی نماید و ثالثاً براساس فرایندهای مذکور نحوه اثر موجودات زنده بر یکدیگر یعنی نوع روابط آنها را تعیین و ارزیابی کند. برای رسیدن به این اهداف علم اکولوژی از علوم دیگری مانند تکامل، رفتارشناسی، فیزیولوژی و ژنتیک کمک می گیرد (شکل ۱-۱).

تاریخچه توسعه علم اکولوژی

قرن نوزدهم عصر طلایی تاریخ طبیعی بوده است. در این قرن چارلز داروین^۱ اصول اکولوژیکی را در کتاب "منشأ گونه ها" بیان نمود، که حتی امروزه نیز اصول آن مورد قبول می باشند. طبیعی دان دیگر قرن نوزدهم که تغییرات اساسی در اکولوژی صورت داد، استفن فوربز^۲ بود که آثار وی در دهه ۱۸۸۰ چاپ شده اند. به رغم

1. Charles Darwin
2. Stephen A. Forbes

نقش مهم او در توسعه علم اکولوژی بعدها دو گیاه‌شناس در امریکا علم اکولوژی را با توجه به نتیجه کارشان به صورت رشته متمایزی درآوردند. این دو دانشمند هنری کاندراکولز^۱ از دانشگاه شیکاگو و فریدریک ای کلمنتز^۲ از دانشگاه نبراسکا بودند که به شدت تحت تأثیر متخصصین جغرافیای گیاهی اروپا قرار گرفته بودند. از دیرباز تصور می‌شد که ریشه اکولوژی در کشور امریکا از جغرافیای گیاهی کلمنتز در نبراسکا و همچنین کتاب "روابط اکولوژیکی گیاهان تپه‌های شنی دریاچه میشیگان" از کولز (۱۸۹۹) گرفته شده است. دو اکولوژیست جانوری قدیمی، که هم عصر کولز و فریز بودند، چارلز ادامس^۳ و ویکتور شلفرد^۴ نام داشتند. توسعه اکولوژی در نیمه اول قرن بیستم در امریکا بسیار سریع و جالب توجه بود. در دوران جنگ جهانی دوم درواقع یک تغییر عمده در اکولوژی صورت گرفت. در آن دوران بسیاری از فعالیت‌های زمان صلح متوقف شدند. درصد بالایی از دانشمندان مشغول جنگ و یا تحقیقات روی پروژه‌های مربوط به جنگ بودند. مجلات علوم طبیعی در سال‌های جنگ بسیار کم شده و چندان توجهی به پیشرفت‌های علمی نمی‌شد. اواخر سال ۱۹۴۰ و اوایل ۱۹۵۰ درحالی که اکولوژیست‌ها به سراغ مطالعات قبلی خود رفته بودند، سال‌های بازسازی و تغییر محسوب می‌شدند. از بین شاخه‌های اکولوژی بیشترین پیشرفت مربوط به اکولوژی جمعیت، انرژی و تکامل بود. ریال چاپمن^۵ و رای‌مند پیرل^۶ اساس کار خود را بر مبنای مطالعات جمعیتی توماس پارک^۷ قرار دادند. پژوهش دقیق درمورد مطالعه جریان انرژی در کتاب "جنبه دینامیکی-تغذیه‌ای اکولوژی"^۸ از رای‌مند لیندمن^۹ انجام شد. جریان انرژی در اکوسیستم در اولین چاپ کتاب *شالوده بوم‌شناسی* توسط اُدم در سال ۱۹۵۳ بررسی شد. آغاز اکولوژی تکاملی به زمان داروین (۱۹۳۶) برمی‌گردد که مجموعه‌ای از تکامل، ژنتیک و سیستماتیک بوده و اساس کارش بر مبنای ساختمان فیزیکی و همزیستی گونه‌ها بوده است. سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ اکولوژی مورد توجه عموم قرار گرفت که دوره تغییر مهم دیگری در اکولوژی محسوب می‌شود. متفکرین دریافتند که بسیاری از مشکلات عمده جهان مثل آلودگی، افزایش جمعیت، و عدم استفاده صحیح از ذخایر و منابع، مسائل عمده اکولوژی هستند و برای شروع حرکت‌های محیطی همگانی می‌توانیم از کتاب "بهار خاموش" نوشته راشل کارسون^{۱۰} (ترجمه دکتر عزیززاده و دکتر کوچکی) بهره‌گیریم. این کتاب اثری بسیار مستند و توصیفی جامع از خطرات استفاده از آفت کش‌ها بود. ایده‌ای که کتاب بر مبنای آن نوشته شد، این بود که نادیده گرفتن روابط اکولوژیکی ممکن است عواقب مخربی به دنبال داشته باشد. اکولوژیست‌هایی مثل پال سیرز^{۱۱} و الدو لئوپولد^{۱۲} و بسیاری دیگر نیز همین ایده را از سال‌های ۱۹۳۰ مطرح کرده‌اند. اما تنها تفاوت این بود که، این بار زمینه برای درک توصیه‌ها در مردم ایجاد

1. Henry chandler cowles
2. Feredrick E. Clements
3. Charles C. Adams
4. Victor S. Shelford
5. Royal N. Chapman
6. Raymond Peavl
7. Thomas Park
8. The Trophic- Dynamic aspect of Ecology
9. Raymond L. Lindeman
10. Rachel Carson
11. Paul Sears
12. Aldo Leopld

شده بود. سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ دوره رشد سریع اکولوژی پایه و اکولوژی کاربردی بوده است. انجمن اکولوژی آمریکا که در سال‌های ۱۹۱۶ و ۱۹۱۷ با حضور ۳۰۷ عضو تأسیس شد در پایان سال ۱۹۵۰ در حدود ۲۰۰۰ عضو داشت. در طی سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ به‌طور متوسط ۲۵۰ نفر در سال رشد کرد و در اواسط ۱۹۷۰ نهایتاً بیش از ۶۵۰۰ عضو داشت.

اخیراً اقدامات دولتی در کشورهای مختلف دنیا به برخی از اهداف محیطی سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ دست یافته است. عموم مردم طرفدار تلاش‌هایی برای بهبود محیط زیست می‌باشند. اکولوژیست‌ها باید برای یافتن راه‌حل بکوشند و باید سعی کنند که پیوسته همه افراد را نسبت به ارتباط اکولوژی و ادامه زندگی‌شان آگاه نمایند تا همه بتوانند سالم و راحت زندگی کنند، به کاری اشتغال داشته باشند و راه‌حل‌هایی برای مشکلات ارائه دهند. تکامل اکولوژی در قرن بیستم، در ادامه تکامل آن در قرن نوزدهم بود که توسط دانشمندان علوم طبیعی صورت گرفت. تلاش و کشمکش برای دانستن چگونگی کارکرد طبیعت توسط شخصیت‌های مهمی از دانشمندان در طول تاریخ انجام شده است. این فرایند از آلفرد لوتکا^۱ یعنی کسی که شالوده و مبانی اکولوژی کمی را مطرح کرد، تا چارلز آلتون، اکولوژیست بریتانیایی و مؤلف اولین کتاب اکولوژی حیوانات و مؤسس دفتر جمعیت حیوانات در آکسفورد، ادامه داشته است. و بدین ترتیب اکولوژی با افزایش دانش ما از جهان و اثر انسان روی جهان و سیستم‌های اکولوژیکی، شکوفا شد.

اکولوژی و علم محیط زیست

تا سال ۱۹۶۰ جوامع به اکولوژی به‌عنوان یک دانش مهم توجه نمی‌کردند. با افزایش جمعیت بشر و تخریب محیط زیست به‌وسیله آفت‌کش‌ها و آلوده‌کننده‌ها، جهانیان بیدار شدند و اکولوژی ظهور چشمگیر پیدا کرد. بیشتر این توجه به‌سمت محیط زیست بشر و اکولوژی مرتبط با آن سوق پیدا کرد به‌طوری‌که شاید بتوان آنرا "محیط زیست‌گرایی"^۲ نامید. متأسفانه اکولوژی در اذهان عمومی به‌صورت مشکلات محیطی بشر شکل گرفت و به‌معنی هر چیز موجود در محیط معرفی شد. اکولوژی کلمه‌ای است که در گذشته کمتر کسی مفهوم آنرا می‌دانست. لیکن امروزه مفهوم آن در سطح وسیعی و در خیلی موارد متأسفانه به‌صورت نادرست استفاده می‌شود. اکولوژی خود یک علم است و هرگز مترادف علم محیط زیست نیست گرچه تا حد زیادی در انجام این فعالیت ارزشمند کمک می‌کند. علم محیط زیست شامل کلیه علوم است که به یافتن ارتباطات محیطی کمک می‌کند. علاوه بر اکولوژی که ساختار اساسی علم محیط زیست محسوب می‌شود، بخش‌هایی از علوم زمین‌شناسی، اقلیم‌شناسی، انسان‌شناسی، شیمی و فیزیک را نیز دربرمی‌گیرد. شاید یک لغت مناسب برای علم محیط زیست با در نظر گرفتن کلیه رشته‌های دیگر که مربوط به روابط انسان با محیطش می‌باشد، "مطالعات محیطی"^۳ باشد. جنبه‌های علمی کاربردی مرتبط با مسائل و مشکلات

1. Alfred J. Lotka
2. Environmentalism
3. Environment Studies

زیست محیطی در علم محیط زیست مورد بحث و بررسی قرار می گیرند در حالی که مطالعه اصول و مبانی علمی حاکم بر آنها در علم اکولوژی مطالعه می شود.

اکولوژی روی جهان طبیعت (حیوانات و گیاهان) تمرکز می کند و به انسان با توجه به اثرات مهم آن به شکل یک گونه بسیار مهم و مؤثر اشاره می کند. در حالی که مطالعات محیطی اثرات بشر در حیطه های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کره زمین را نیز تجزیه و بررسی می کنند. مطالعات محیطی بسیار گسترده تر از اکولوژی بوده و دربرگیرنده علوم مختلفی می باشند. زیرا این گونه مطالعات درباره بسیاری از علوم مثل اکولوژی، زمین شناسی، هواشناسی و حتی علوم اجتماعی، جامعه شناسی، اقتصاد، علوم انسانی، علوم سیاسی و فلسفه بحث می کند. علم اکولوژی تنها دربرگیرنده اثرات انسان روی محیط نیست. بلکه پوشش دهنده روابط بین گیاهان و حیوانات نیز می باشد. اکولوژی دربرگیرنده سؤالات بسیاری درباره بشر و محیط طبیعی پیرامون آن است و این خود زیرمجموعه ای از مطالعات محیطی است. اثرات انسان روی کره زمین و محیط باید به حداقل برسد و این تنها با تغییرات اجتماعی و سیاسی و قوانین مرتبط به آن به دست می آید. این تغییرات بسیار مهم است و توسط بسیاری از اکولوژیست ها دنبال می شود. ولی این مفهوم به تنهایی به معنای اکولوژی نیست. اکولوژی درمقابل علوم محیطی همانند فیزیک درمقابل علوم مهندسی است. همان طوری که انسان در ساخت پل ها و هواپیماها به وسیله قوانین فیزیک محدود می شود، هرگونه تغییر در محیط زیست نیز باید با قوانین اکولوژی محدود شود.

اکولوژی اصول و مبانی علمی روابط موجود در محیط زیست را بررسی قرار می دهد. تحقیقات اکولوژیکی به ما کمک می کند تا به عنوان مثال بدانیم وقتی با افزایش میزان دی اکسید کربن، دمای کره زمین در حال افزایش است، چه اصول علمی بر آنها حاکم است و چه اتفاقاتی خواهد افتاد. اما دیگر نمی گوید که درمقابل نشر دی اکسید کربن چه باید بکنیم. دانشمندان اکولوژی دنبال فعالیت های سیاسی یا علوم اخلاقی نیستند و نباید دانشمندان این رشته به توصیه های سیاسی و اخلاقی بپردازند. البته اکولوژیست ها به عنوان یک مخلوق که در هستی آفریده شده و زندگی می کنند، گاهی اوقات قضاوت هایی می نمایند. به عنوان مثال، بسیاری از آنان به گونه های در حال انقراض توجه دارند و علاقه مندند که جلوی انقراض گونه ها را بگیرند. پس به تبع آن گاهی مجبورند که توصیه هایی به برنامه ریزان و سیاست گزاران داشته باشند تا بتوانند به اهداف محیط زیست گرایانه خود برسند. کاربرد تفکر اکولوژیکی در حل مشکلات اجتماعی یکی از ابعاد مهم اکولوژی امروزی شده است.

شاخه های علم اکولوژی

امروزه علم اکولوژی به طور وسیعی گسترش یافته است و اکولوژی را براساس جنبه های مختلف به صورت های متفاوتی تقسیم بندی و مطالعه می کنند:

۱. براساس وسعت مطالعه

الف) اتوکولوژی یا بوم‌شناسی فردی^۱

در اتوکولوژی ارتباط یک گونه و یا یک فرد از یک گونه را با محیط زیست بررسی می‌کنند. در این مورد به تاریخچه زندگی و رفتار به عنوان وسیله‌ای برای تطابق با محیط تکیه می‌شود. به عنوان مثال، رابطه درخت بلوط و یا یک گونه علف هرز یا پرندۀ خاصی را با محیط بررسی می‌نمایند و یا در یک دریاچه نوعی ماهی متعلق به گونه خاصی را مطالعه می‌کنند. اتوکولوژیست‌ها را جزءنگرها نیز می‌گویند.

ب) سینکولوژی یا بوم‌شناسی جمعی^۲

سینکولوژی به مطالعه کلی می‌پردازد. ارتباط بین افراد یک جامعه و محیط زیست را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. مانند مطالعه یک جنگل. کلمه بیوسنوتیک عملاً مترادف با سینکولوژی بوده و در بسیاری از کتاب‌ها به جای سینکولوژی از کلمه بیوسنوتیک استفاده شده است. سینکولوژیست‌ها را مجموعه‌نگرها یا کلی‌نگرها نیز می‌گویند.

در مطالعه سینکولوژی دو جنبه ممکن است مورد مطالعه قرار گیرند:

الف) جنبه استاتیکی یا پایایی^۳ (سینکولوژی توصیفی) که عبارت است از توصیف جوامع موجودات زنده‌ای که در یک محیط معین وجود دارند. در این رابطه بیشتر به ترکیب گونه‌ای جوامع، وفور، فرکانس، ثبات و انتشار فضایی گونه‌های تشکیل‌دهنده جامعه توجه می‌شود.

ب) جنبه دینامیکی یا پویایی^۴ (سینکولوژی عملی): در این بخش از یک طرف تکامل جوامع را مورد مطالعه قرار داده و نشان می‌دهند که در چه شرایطی جوامع مزبور در یک محل معین جانشین هم می‌شوند و از طرف دیگر، انتقال و تبدیل ماده و انرژی را در اجزای مختلف یک اکوسیستم بررسی می‌نمایند. مانند بررسی زنجیره‌های غذایی، هرم‌های اکولوژیکی، وزن زنده، سیر انرژی در اکوسیستم‌ها، چرخه گردش آب و عناصر شیمیایی، حاصلخیزی و راندمان.

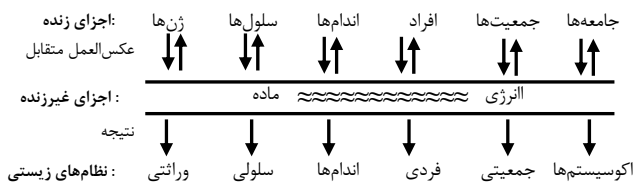
۲. براساس نوع موجودات زنده

علم اکولوژی را اغلب براساس نوع موجودات مورد مطالعه به سه شاخه اکولوژی گیاهی^۵، اکولوژی جانوری^۶ و اکولوژی انسانی^۷ تقسیم می‌کنند. هر یک از این شاخه‌ها خود تقسیم‌بندی‌های دیگری را به دنبال دارد. به عنوان مثال، اکولوژی گیاهی می‌تواند دارای انشعابات مثل اکولوژی گیاهان مرتعی^۸، اکولوژی گیاهان زراعی^۹، اکولوژی علف‌های هرز^{۱۰} باشد. اکولوژی جانوری می‌تواند دارای انشعابات مثل اکولوژی مهره‌داران^{۱۱}، اکولوژی بی‌مهرگان^{۱۲}، اکولوژی حشرات^{۱۳} و اکولوژی میکروبی^{۱۴} باشد.

1. Autecology
2. Synecology
3. Static
4. Dynamic
5. Plant Ecology

6. Animal Ecology
7. Human Ecology
8. Range Ecology
9. Crop Ecology
10. Weed Ecology

11. Vertebrates Ecology
12. Invertebrates Ecology
13. Insect Ecology
14. Microbial Ecology



شکل ۱-۲ سطوح حیات و نظام‌های زیستی (طبق نظردوم).

۳. براساس نوع محیط زیست یا نوع بستر^۱ فعالیت‌های زیستی

علم اکولوژی را براساس نوع زیستگاه یا نوع بستر فعالیت‌های زیستی به اکولوژی خشکی^۲ و اکولوژی آب‌ها^۳ تقسیم می‌کنند. اکولوژی خشکی می‌تواند به اکولوژی جنگل^۴، اکولوژی مرزار^۵، اکولوژی صحراها^۶، اکولوژی مرداب یا اراضی مرطوب^۷ و غیره تقسیم شود. اکولوژی آب‌ها می‌تواند شامل اکولوژی دریاچه و استخر^۸، اکولوژی رودخانه^۹، اکولوژی مصب رودخانه^{۱۰}، اکولوژی دریا^{۱۱}، اکولوژی اقیانوس‌ها^{۱۲}، اکولوژی آب‌های شیرین یا لیمنولوژی^{۱۳} و غیره باشد.

۴. براساس جنبه‌های کاربردی

مطالعات اکولوژیکی براساس جنبه‌های کاربردی به اکولوژی فضا^{۱۴}، اکولوژی آلودگی^{۱۵}، اکولوژی حفاظت منابع طبیعی^{۱۶}، اکولوژی مراتع^{۱۷}، اکولوژی محصولات زراعی یا اکولوژی کشاورزی^{۱۸}، اکولوژی فضای سبز^{۱۹}، اکولوژی آماری یا ریاضی^{۲۰}، اکولوژی سیستم‌ها^{۲۱} و غیره تقسیم می‌گردد.

محدوده مطالعات اکولوژیکی

به‌رغم پیشرفت‌های بسیار زیادی که علم در جنبه‌های مختلف نموده است اما هنوز تعداد زیادی از موجودات کره زمین شناخته نشده‌اند و این نشانگر آن‌است که به‌طور حتم اکوسیستم‌ها نیز شناخته نشده‌اند. به‌نظر دانشمندان اکولوژی، مخصوصاً آدوم، نظام جهان از نظر تعدد و ترتیب (سطوح حیات) به‌صورتی که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است می‌باشد. هر یک از سطوح حیات فوق با محیط غیرزنده یعنی ماده و انرژی در حال کنش و ارتباطات متقابل هستند که در اثر این کنش‌های متقابل نظام‌های زیستی مختلف تشکیل می‌شوند. هرچند که امروزه اکولوژی مولکولی و سلولی نیز مطالعات بسیاری را به‌خود اختصاص

1. Habitat
2. Terrestrial
3. Aquatic
4. Forest Ecology
5. Gress Ecology
6. Desert Ecology
7. Marsh or wetland Ecology
8. Lake or pond Ecology
9. Stream Ecology
10. Estuarine Ecology
11. Marine Ecology

12. Oceanography
13. Limnology
14. Space Ecology
15. Pollution Ecology
16. Conservation Ecology
17. Range Ecology
18. Crop Ecology or Agricultural Ecology
19. Landscap Ecology
20. Mathematic or Statistical Ecology
21. Systems Ecology

جدول ۱-۱ سلسله‌مراتب حیات.

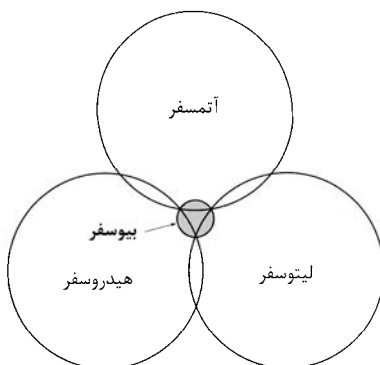
نام	تغییر در ساختار		وسعت محیط
بیوسفر	↓	↑	وسیع
بیوم‌ها	↓	↑	متوسط
اکوسیستم‌ها	کاهش	افزایش	تعریف‌شده و مشخص
گروه‌های کارکردی	تعداد	پیچیدگی	در محدوده دامنه بردباری گونه‌ها
اجتماع	افراد	سازمانی	در محدوده دامنه بردباری گونه‌ها
جمعیت‌ها	↓	↑	در محدوده دامنه بردباری گونه‌ها کوچک
موجود زنده	↓	↑	

داده‌اند اما اکولوژیست‌ها نظام‌های زیستی را عمدتاً از سطح فرد به بعد (فرد، جمعیت و جامعه) مطالعه می‌کنند.

برای وجود حیات در یک اکوسیستم باید افراد یک گونه موجود زنده به تعداد کافی وجود داشته باشند به‌طوری‌که میزان زاد و ولد به‌حدی باشد که جبران مرگ‌ومیر افراد آن گونه را بنماید. این گروه از افراد یک گونه را که افراد آن بتوانند با هم زاد و ولد نمایند اصطلاحاً جمعیت^۱ و مجموعه‌ای از جمعیت‌ها را جامعه یا اجتماع^۲ می‌گویند. به عبارت دیگر، جمعیت مجموعه افراد متعلق به یک گونه که در مکان جغرافیایی خاصی زندگی می‌کنند و افراد آن می‌توانند آزادانه با هم تولیدمثل نمایند، می‌باشد. اجتماع یا جامعه مجموعه جمعیت‌هایی هستند که در مکان جغرافیایی معینی زندگی می‌کنند. جوامع منطقه جغرافیایی خاصی که تحت شرایط مشابهی بوده و با آن شرایط سازگار شده‌اند گروه کارکردی^۳ را تشکیل می‌دهند (جدول ۱-۱).

بزرگترین جامعه زیستی بیوسفر^۴ است. بیوسفر ناحیه‌ای از کره زمین است که موجودات زنده در آن قرار گرفته‌اند. گاهی اگر اجزای غیرزنده‌ای که موجودات زنده را حمایت می‌کنند نیز در نظر گرفته شوند به آن اکوسفر گفته می‌شود. به عبارت دیگر، اکوسفر شامل تمام جوامع زنده کره زمین به علاوه محیط غیرزنده‌شان می‌باشد. به مجموع چهار جزء طبیعت یعنی هیدروسفر (کره آب)، لیتوسفر (کره خاک)، آتمسفر (کره هوا) و موجودات زنده، بیوسفر گفته می‌شود. به عبارت دیگر، بیوسفر قشر نازکی از آب، خاک و هواست که در آن موجودات زنده زندگی می‌کنند (شکل ۳-۱). محدوده بیوسفر شامل حداقل ۰/۵ کیلومتر زیر سطح اقیانوس‌ها تا آتمسفر می‌شود. موجودات زنده تا ۶/۵ کیلومتری بالای سطح زمین نیز دیده شده‌اند. بنابراین، بیوسفر حداکثر بیش از ۲۰ کیلومتر ضخامت نداشته که این تنها ۰/۳٪ از قطر کره زمین را تشکیل می‌دهد. محدوده مطالعه اکولوژیست‌ها شناخت موجود در بیوسفر و محیط غیرزنده آن می‌باشد.

1. Population
2. Community
3. Functional group
4. Biosphere or Ecosphere



شکل ۳-۱ بیوسفر و محیط غیرزنده.

نظام بیوسفر بسیار پیچیده است که دلیل آن تنوع زیاد جانداران می‌باشد؛ به‌طوری‌که در بیوسفر بیش از یک میلیون گونه جانوری و بیش از ۳۰۰ هزار گونه گیاهی شناخته شده وجود دارند. بنابراین، به دلیل این پیچیدگی، اکولوژیست‌ها بیوسفر را به قطعات کوچک همگن یکنواخت و قابل تعریفی تقسیم کرده و آن قطعات را مطالعه می‌کنند. این قطعات کوچک همگن، یکنواخت و قابل تعریف، اکوسیستم نامیده می‌شوند. بنابراین، اکولوژی برای مطالعه بیوسفر به مطالعه اجزای تشکیل دهنده آن یعنی اکوسیستم‌ها پرداخته و از روی نظام‌های موجود در اجزا سعی در نتیجه‌گیری نظام‌های موجود در کل بیوسفر دارند.

آتمسفر از لایه‌های مختلفی (شکل ۴-۱) تشکیل شده است که عبارت‌اند از:

۱. **تروپوسفر**^۱: پایین‌ترین و نزدیکترین لایه آتمسفر به سطح زمین است و تا ارتفاع ۲۰ کیلومتری از سطح زمین در استوا و حدود ۱۰ کیلومتری در قطبین را شامل می‌شود و تنها لایه‌ای است که موجودات زنده می‌توانند به راحتی در آن حیات داشته باشند.

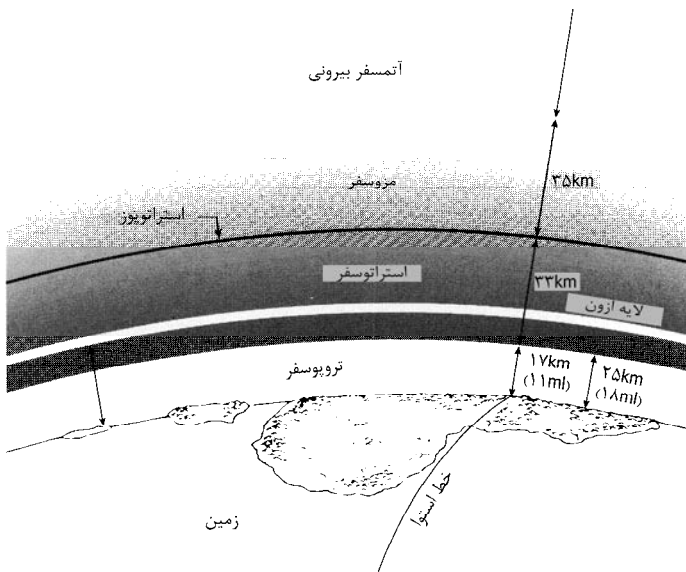
۲. **استراتوسفر**^۲: لایه‌ای است که تا ارتفاع ۵۰ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفته است و دمای آن بین ۰ تا ۶۰°C- متغیر است. قسمت اعظم لایه ازن در این ناحیه واقع شده است.

۳. **مئوسفر**^۳: قسمت انتهایی آن تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری زمین قرار گرفته است و دمای آن تا ۱۰۰°C- می‌رسد. ولی قسمت پایین آن گرم‌تر است.

۴. **ترموسفر**^۴: در قسمت انتهایی تا ۴۵۰ کیلومتری زمین می‌رسد و دما در قسمت‌های بالایی افزایش و تا ۲۰۰۰°C نیز می‌رسد.

۵. **اکزوسفر**^۵: بالاترین لایه آتمسفر و تا حدود ۹۰۰ کیلومتری قرار گرفته است. در این لایه مولکول‌های گازی حالت برانگیخته^۶ دارند.

1. Troposphere
2. Stratosphere
3. Mesosphere
4. Thermosphere
5. Exosphere
6. Excited



شکل ۴-۱ لایه‌های مختلف آتمسفر و موقعیت لایه ازن.

روش‌های مطالعه اکولوژی

مطالعات اکولوژی در سه سطح مختلف تئوری، آزمایشگاهی و صحرایی یا مرزعه‌ای انجام می‌گیرند. این سه با همدیگر مرتبط بوده ولی گاهی با هم در تضاد نیز می‌باشند. به عنوان مثال، نتایج مطالعات تئوری گاهی به صورتی که پیش‌بینی شده در عمل مشاهده نمی‌گردند. در واقع هدف مطالعه اکولوژیست بررسی توزیع و فراوانی موجودات زنده در طبیعت و آنچه عملاً در محیط اتفاق می‌افتد می‌باشد و اکولوژیست همیشه اصول و یافته‌ها را براساس آنچه در طبیعت اتفاق می‌افتد مورد مقایسه قرار می‌دهد.

اکولوژی گیاهی و جانوری به طور جداگانه گسترش یافته‌اند. از نظر تاریخی ابتدا اکولوژی گیاهی و سپس اکولوژی جانوری توسعه یافته است زیرا جانوران به میزان زیادی وابسته به گیاهان بوده و بسیاری از مفاهیم اکولوژی جانوری از اکولوژی گیاهی الگو گرفته‌اند. باین حال، برخی اصول اکولوژی جانوری و اکولوژی گیاهی متضادند زیرا اولاً جانوران متحرکند در حالی که گیاهان ساکن و در نتیجه روش‌های مطالعه اکولوژی جانوری و گیاهی متفاوت خواهند بود و ثانیاً جانوران نقش و وظایف متفاوتی نسبت به گیاهان در طبیعت ایفا می‌نمایند.

در طی سال‌های ۱۹۶۰ اکولوژی جمعیت به کمک روش‌های آزمایشگاهی صحرایی مورد توجه بیشتری قرار گرفت و اصول نظری اکولوژی مورد آزمایشات صحرایی قرار گرفتند. اصول نظری اکولوژی از حالت پایا یا توصیفی به حالت پویا درآمدند. در همین سال‌ها اکولوژیست‌ها پی به اهمیت مطالعه جامعه و کل اکوسیستم بردند. بنابراین، در طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ برای مطالعه اکوسیستم مجبور به تشکیل تیم‌هایی از

اکولوژیست‌ها شدند که بتوانند مطالعات اکولوژیکی را در مقیاس اکوسیستم انجام دهند.

اکولوژی مدرن به سه جنبه عمده در اکولوژی توجه خاصی دارد:

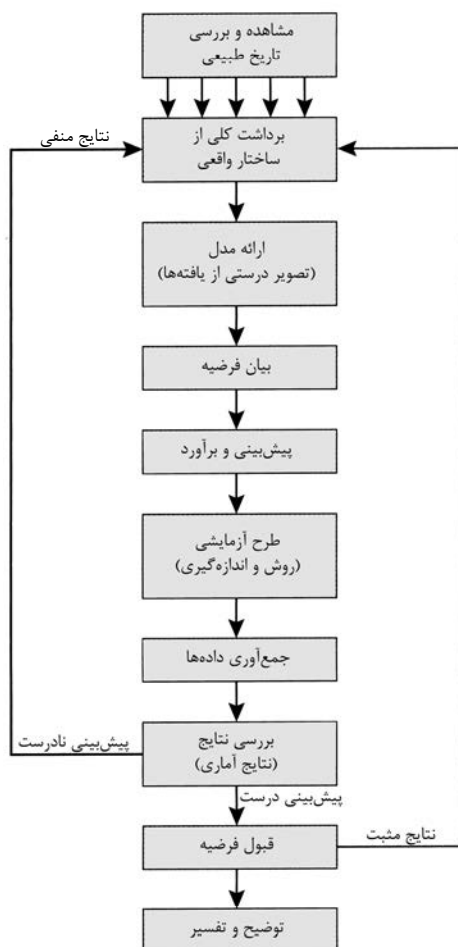
۱. مطالعه جامعه و اکوسیستم به کمک روش‌های آزمایشی و مطالعات مقایسه‌ای و تجزیه آنها به عنوان نظام‌هایی که حاصل کنش‌های بین گونه‌ها در رابطه با غذا و انرژی می‌باشد.
۲. استفاده از نظریه‌های تکاملی مدرن برای مطالعات اکولوژیکی مربوط به توضیح اینکه انتخاب طبیعی چگونه الگوهای اکولوژیکی موجود را سبب شده‌اند و اکولوژی رفتار موجودات زنده را تحت تأثیر قرار داده‌اند.
۳. حفاظت محیط زیست به عنوان یک موضوع و مشکل مشترک دانشمندان و سیاستمداران مطرح گردیده است و این موضوع ضرورت استفاده از نهاده‌های اکولوژیکی را در مدیریت اکوسیستم‌ها مطرح کرده است.

کاربرد روش‌های علمی در مطالعات اکولوژیکی

در سال‌های اخیر، تلاش‌های زیادی برای حصول اطمینان از علمی‌بودن روش‌های مطالعه طبیعت صورت گرفته است. علم در واقع روشی برای درک واقعیت جهان هستی به شمار می‌رود، لیکن یک روش کاملاً علمی همیشه به راحتی قابل دسترس نیست و شاید یک دلیل آن این باشد که علم در تاریخ بشر پدیده‌ای جدید است. نکته مهم دیگر در این زمینه آن است که علم دانسته‌های خود را عملاً آزمایش می‌کند و آنها را با واقعیت مقایسه می‌کند. اکولوژیست‌ها فرضیه‌ها و تفسیرهای خود را از راه‌های مختلف به دست آورده و سپس عملاً آنها را آزمایش می‌نمایند. آنها به مزرعه یا آزمایشگاه یا طبیعت رفته و به مشاهده می‌پردازند که این کار خود می‌تواند برخی از فرضیه‌ها را در همان ابتدا رد کند.

اصول کلی مطالعه علمی در اکولوژی همانند سایر علوم است (شکل ۵-۱). یک اکولوژیست یک مسئله را اغلب برپایه مشاهدات و بررسی تاریخ طبیعی آن شروع می‌کند. اگر مسئله برپایه مشاهدات صحیح پایه‌گذاری نشود انجام مراحل بعدی تحقیق بی‌فایده خواهد بود و بنابراین بررسی دقیق تاریخ طبیعی یک پیش شرط لازم برای تمام مطالعات اکولوژیکی می‌باشد.

اکولوژیست برای مسئله مطرح شده یک جواب احتمالی پیشنهاد می‌دهد که این جواب فرضیه نامیده می‌شود. جواب ارائه شده اساساً بر مبنای علت و معلول اظهار می‌شود. در برخی موارد ممکن است فرضیه‌های مختلف مطرح باشند که درستی آنها به اثبات نرسیده باشد. فرضیه اساس آزمایش است بنابراین هرچه دقیق‌تر باشد جواب منطقی‌تر و صحیح‌تری حاصل خواهد شد. پیش‌بینی براساس دلایل منطقی و دلایل ریاضی منجر به نتایج دقیق‌تری می‌گردد. به عنوان مثال، فرض کنید فرضیه ما این باشد که دلیل اینکه کاج در زیر درختان سخت‌پوست رشد خوبی ندارد کمبود نور است. فرضیه‌های دیگر ممکن است به دلیل کمبود بذور کاج یا کمبود آب خاک باشند. این فرضیه‌های ساده به سادگی قابل بررسی خواهند بود. این فرضیه‌ها با جمع‌آوری مشاهدات حاصل از آزمایشات قابل تست کردن هستند. یک آزمایش شامل مجموعه‌ای از یافته‌هاست که یک فرضیه را تست می‌کند. در مثال ذکر شده می‌توانیم آزمایشی طراحی و میزان نور



شکل ۵-۱ روش‌های علمی در مطالعه جنبه‌های عملی اکولوژی.

مصنوعی را در این درختان افزایش دهیم. روش انجام آزمایش و جمع‌آوری داده‌ها اصطلاحاً طرح آزمایشی نامیده می‌شود. براساس نتایج آزمایش نتیجه‌گیری مبنی بر رد یا قبول فرضیه پیشنهادی انجام می‌گیرد. در انتخاب فرضیه بهتر است فرضیه‌های ساده و نه پیچیده انتخاب کنیم. زیرا سریع‌تر می‌توانیم فرضیه‌های ساده را رد نماییم. این بدان معنی نیست که باید فکر ساده‌نگری داشته باشیم بلکه برعکس؛ در اکولوژی می‌بایستی با فرضیه‌های پیچیده‌ای مواجه بشویم زیرا جهان طبیعت ساده نیست. در بررسی هر فرضیه باید تنها همان فرضیه را بررسی و سایر موارد را از آزمایش حذف نمود. در مثالی که ذکر شد باید فقط میزان نور را تغییر داد و نه میزان بذر و یا میزان آب را. برخی حتی معتقدند در بررسی فرضیه‌ها باید به دنبال دلایلی مبنی بر رد فرضیه باشیم تا درستی آنها.

تکامل، انتخاب طبیعی و انقراض گونه‌ها

تکامل و اکولوژی

تکامل^۱ به معنای تغییرات در زمان است و تکامل بیولوژیکی را می‌توان به صورت تغییرات درازمدت در ویژگی‌های جمعیت به حساب آورد. تغییرات تکاملی دربرگیرنده تغییرات در ژن‌های به خصوصی بین جمعیت‌های نسل‌های مختلف بوده که منجر به سازگاری می‌گردند. چارلز داروین دانشمند اکولوژیستی که قبل از تشکیل واژه اکولوژی به فعالیت در این زمینه مشغول بود، به رابطه پیچیده بین اکولوژی و تکامل پی برد. چارلز داروین و آلفرد والس^۲ به طور مستقل در سال ۱۸۵۸ عبارت انتخاب طبیعی^۳ را مطرح کردند. انتخاب طبیعی مکانیسمی برای ایجاد سازگاری‌های تکاملی است.

انتخاب طبیعی در غالب اصول زیر مطرح می‌شود:

- ایجاد تنوع در گروه‌های جانوری و گیاهی باعث می‌شود که برخی از اختصاصات گونه‌ها در جمعیت‌ها تغییر کند و با آنچه در نژاد قبلی واهلی آن وجود داشته، تفاوت پیدا نماید.
- تولید نتاج فراوان در بین جمعیت‌های کلیه موجودات زنده پدیده‌ای شاخص و مرتبط با انتخاب طبیعی می‌باشد که این توانایی توسط مالتوس^۴ و بوفن^۵ مدت‌ها قبل از داروین مطرح و پذیرفته شده بود.
- در شرایط زندگی سخت، همه ویژگی‌ها و اختصاصات گونه‌ها قابل‌زنده ماندن و انتقال برای بروز مجدد نیستند.
- در بین همه نتاجی که برای منابع محدود رقابت می‌کنند، تنها نتاجی که دارای خصوصیات بهتری برای به دست آوردن منابع محدود می‌باشند، زنده می‌مانند و دوباره نقش مولدی خود را ایفا می‌نمایند.
- در صورتی که صفات موجودات به ارث برسد، تنها صفات مطلوب و کارا در رقابت در نسل بعدی به و فور به چشم می‌خورند.

1. Evolution
2. Alfred Wallace
3. Natural Selection
4. Malthus
5. Buffon

به طور کلی، انتخاب طبیعی به نفع صفاتی عمل می کند که تولید نسل را در گونه ها افزایش می دهند. این صفات را می توان به عنوان صفات شایسته کننده مطرح نمود و به طور کلی، تکامل در جهت افزایش این صفات حرکت می کند. پدیده انتخاب طبیعی را می توان به عنوان نتیجه نهایی فعالیت اکولوژی در نظر گرفت. همچنین تکامل وابسته به محیط زندگی موجودات زنده است. فراوانی و تنوع گونه های امروز گیاهی و جانوری به واسطه تکاملی که در گذشته در محیط رشد آنها ایجاد شده، به وجود آمده است. بنابراین، وابستگی محیط با تکامل انکارناپذیر است.

یک مثال ساده از انتخاب طبیعی را می توان در مورد یک نوع بید با نام علمی *Biston betularia* مطرح نمود. این حشره با توجه به میزان رنگ سیاه روی بال هایش تنوع زیادی دارد. گونه مرسوم و شاخص آن سفیدرنگ است و روی بال هایش خال های سیاه دارد. گونه سیاه آن اولین بار در سال ۱۸۴۸ در منچستر انگلستان مشاهده شد و فراوانی آن تا ۵۰ سال در حال افزایش بود. یعنی زمانی که آلودگی های صنعتی در انگلستان باعث شده بود تا گل سنگ های روی پوست درختان بمیرند و بید سیاه بتواند بهتر زنده بماند. زیرا با توجه به رنگ تیره پوست درختان حشره سیاه می توانست خود را بهتر از دست حشرات شکارگر مخفی کند. این صفات به حشرات نسل بعد منتقل و به ارث رسید و منجر به افزایش جمعیت بید سیاه در طول فرایند صنعتی شدن گردید. اما با کاهش آلودگی در انگلستان، در طول سالیان بعد این حالت معکوس شد. چنین حالتی وقتی کیفیت هوا بهتر شد، در گونه های آمریکایی بید، نیز صورت پذیرفت.

تکامل به واسطه انتخاب طبیعی موجب سازگاری می شود و تحت شرایط مناسب تولید گونه های جدید می نماید. سازگاری از جنبه های مهم اکولوژیکی می باشد زیرا باعث تنظیم محدودیت های چرخه زندگی شده و توزیع و فراوانی گونه ها را تعیین می نماید.

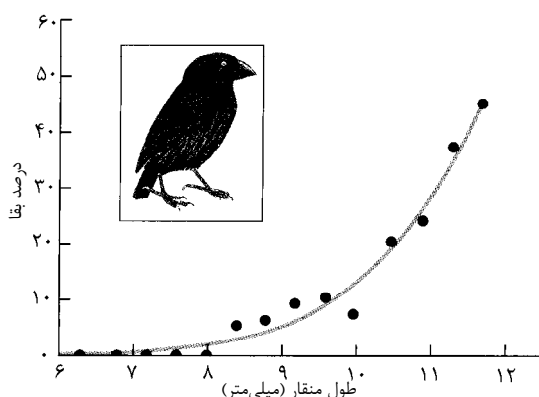
سازگاری^۱ و اکولوژی

انتخاب طبیعی در فنوتیپ (شکل ظاهری موجودات و صفات قابل مشاهده آنها) موجودات زنده ظاهر می شود. باید توجه داشت که ژنوتیپ های^۲ مختلف، فنوتیپ های مختلف ایجاد می کنند. اما این پدیده به این سادگی نبوده و تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف می باشد. بنابراین، ساده تر این است که اثر انتخاب طبیعی را مستقیماً روی فنوتیپ (مانند تعداد بذور و یا اندازه بدن موجودات زنده) مشاهده کنیم و وارد مقوله ژنوتیپ نشویم. به طور کلی، سه نوع انتخاب طبیعی ویژگی های فنوتیپی را تغییر می دهند (شکل ۳-۲). ساده ترین آن انتخاب جهت دار^۳ است که در آن انتخاب به یک سمت انجام می شود. در این نوع انتخاب تغییرات ژنتیکی سریع تر از بقیه روش ها ایجاد می گردد. بیشتر انتخاب های مصنوعی به این روش انجام می شود. بهترین مثال برای این انتخاب در مورد پرنده فنچ (سهره) در جزیره گالاپاگوس می باشد (شکل ۱-۲).

1. Adaptation

2. Genotype

3. Directional selection



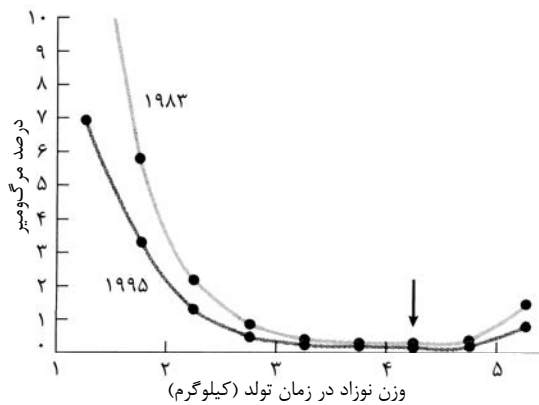
شکل ۱-۲ انتخاب طبیعی جهت‌دار در فنج (*Geopiza fortis*).

پیتر و رزماری گران^۱ از دانشگاه پرینکتن بیش از ۲۰ سال روی این پرند در جزیره مذکور مطالعه کردند. این پرند با نام علمی *Geopiza fortis* در طول یک دوره درازمدت خشکی قرار گرفت و تنها پرنده‌هایی زنده ماندند که منقار بزرگی داشتند و می‌توانستند دانه‌های بزرگ را بشکنند. پرنده‌های با منقار بزرگ می‌توانستند هم دانه‌های کوچک و هم دانه‌های بزرگ را بخورند. درحالی‌که پرنده‌های با منقار کوچک، تنها قادر بودند دانه‌های کوچک را بخورند. احتمالاً این نوع انتخاب به‌عنوان مهم‌ترین راه ایجاد تغییرات فنوتیپی در مسیر تکامل به‌حساب می‌آید. جمعیت‌های آفات طبیعی مقاوم به حشره‌کش‌ها یا علف‌کش‌ها عموماً به این شیوه ایجاد می‌شوند.

دومین نوع انتخاب که امروزه در جمعیت‌ها زیاد مشاهده می‌شود، انتخاب تثبیت‌کننده یا موازنه‌کننده^۲ است. در این حالت جمعیت‌ها میل به حالت میانه دارند. یعنی بیشتر جمعیت تمایل دارند که حالت حد وسط را حفظ کنند. یک مثال در این زمینه وزن نوزادان انسان در هنگام تولد است. کمترین میزان مرگ‌ومیر برای نوزدان بین ۳/۲ تا ۴/۸ کیلوگرم گزارش شد و بهترین حالت آن وزن ۴/۲۵ کیلوگرم بوده است. پس مشاهده می‌کنیم که حالت میانگین حفظ شده است (شکل ۲-۲).

سومین نوع انتخاب، انتخاب از نوع ازهم‌گسیخته^۳ است که در آن ظهور در اطراف میانگین بهتر از میانگین ظاهر می‌گردد. در این نوع انتخاب اگر یکی از موجوداتی که در جای مطلوب خود (حالت طرفین) قرار دارد با یک موجود از جای دیگر آمیزش کند، موجودات بینابینی تولید می‌شوند که محکوم به حذف هستند. بنابراین، هر نوع مکانیسمی در محیط که مانع این تداخل شود به‌نفع موجودات می‌باشد. بنابراین، مکانیزم‌های جداکننده یک عامل مهم در این نوع انتخاب هستند. نمونه‌های کمی از این نوع انتخاب در جمعیت‌های طبیعی گزارش شده است. اسمیت^۴ (۱۹۹۰) نشان داد که عرض منقار سهره‌های جوان آفریقایی

1. Peter and Rosemary Grant
2. Stabilizing selection
3. Disruptive selection
4. Smith



شکل ۲-۲ انتخاب نوع دوم (میل به میانه).

در معرض این نوع انتخاب قرار گرفته است. زیرا آنها می‌توانستند تنها از دو نوع اصلی دانه تغذیه کنند که شامل دانه‌های خیلی نرم یا خیلی سخت بودند. در این پرنده‌ها دو نوع منقار با توجه به اندازه آن برای تغذیه از دانه‌های نرم یا سخت اختصاص یافته است.

موجودات به محیط خود سازگار شده و تنوع گسترده‌ای از اشکال زیستی به‌خاطر سازگاری به‌وسیله انتخاب طبیعی در آنها حاصل شده است. نباید این‌طور فکر کنیم که سازگاری منجر به تولید بهترین فنوتیپ می‌شود. بلکه سازگاری در جهت ایجاد کارترین فنوتیپ جهت زنده‌ماندن و فعالیت حیاتی حرکت می‌کند. دنیای طبیعی و زیستی نیز هرگز به‌عنوان بهترین دنیای ممکن نمی‌باشد بلکه کارترین است.

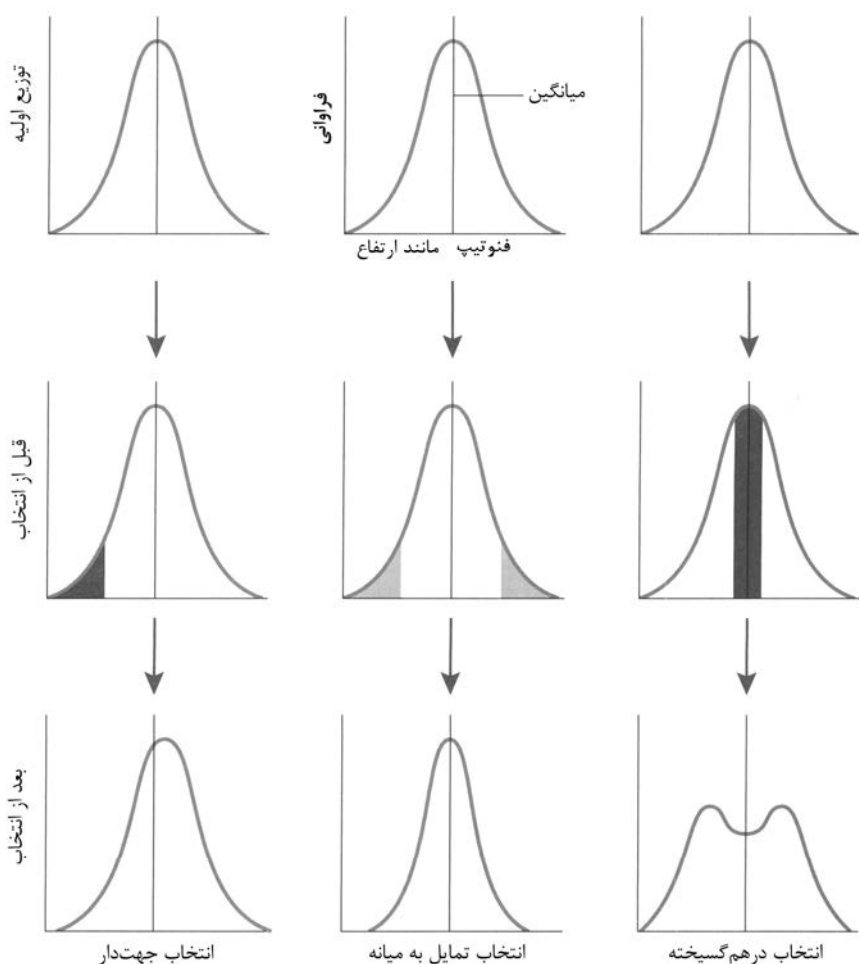
عوامل ایجاد سازگاری

سازگاری در جمعیت‌ها تحت تأثیر چهار عامل اصلی است. اولین مورد، عامل ژنتیکی است که به‌وسیله تغییرات ژنی و جهش‌های ژنی (موتاسیون)^۱ سازگاری کامل را موجب می‌شوند. موتاسیون‌ها همیشه اتفاق می‌افتند و بیشتر آنها نسبت به سازگاری برای موجودات زیان‌آور هستند. مهاجرت گونه‌های انفرادی به مکان‌های جدیدی که شرایط محیطی متفاوت است، باعث اضافه‌شدن آلل‌های^۲ ژنی دیگری به خزانه ژنی آنها می‌شود و باعث سازگاری بهتر آنها می‌گردد. دومین مورد، عوامل محیطی هستند و با توجه به تغییرات مداوم محیط، این مورد معنی‌دارترین و مهم‌ترین عامل در سازگاری کوتاه‌مدت است. سومین مورد، خود موجودات هستند. آنها به‌خودی‌خود زمان و انرژی کمی برای زندگی در محیط دارند و به‌واسطه سازشی که با محیط می‌یابند. سازگار می‌شوند. سازگاری معامله‌ای است که به‌نفع موجود زنده عمل می‌کند؛ مانند شکل بال پرندگان. چهارمین مورد فشارهای تاریخی^۳ است. به این معنا که تاریخچه‌ی حیات موجودات زنده و تغییرات تدریجی که در آنها حاصل شده است نیز می‌تواند در سازگاری‌های بعدی نقش داشته باشد.

1. Mutations

2. Alleles

3. Historical constraint



شکل ۲-۳ سه نوع انتخاب طبیعی مطرح در سازگاری.

تکامل توأم

واژه تکامل توأم^۱ توسط اهرلیچ و راون^۲ در سال ۱۹۶۴ برای توصیف تکامل دوجانبه‌ای که بین گیاهان و حشرات گیاهخوار ایجاد می‌شود مطرح شد. تکامل توأم زمانی رخ می‌دهد که ویژگی‌های گونه A در مقابل ویژگی‌های گونه B تکامل می‌یابد و بالعکس. این نوع تکامل اختصاصی و دوجانبه است. البته در بیشتر موارد چندین گونه به جای دو گونه تکامل می‌یابند. این حالت را تکامل توأم پراکنده^۳ می‌نامند. تکامل توأم در عین اینکه بخشی از تکامل است وابستگی زیادی به اکولوژی دارد.

1. Coevolution

2. Ehrlich and Raven

3. Diffuse coevolution

انقراض گونه‌ها

انقراض^۱ یا نابودی گونه‌ها یکی از مشکلات اساسی زیست‌محیطی موجود است که مورد توجه و مطالعه اکولوژیست‌ها نیز می‌باشد. آنچه فسیل‌ها نشان می‌دهند بیانگر این است که گونه‌های زیادی وجود داشته و سال‌ها زندگی کرده‌اند اما اکنون منقرض شده‌اند. شاید نسبت گونه‌های منقرض شده به گونه‌هایی که اکنون در حال زندگی هستند، ۱۰۰۰ به یک باشد. برای آنکه در مورد وضعیت انقراض یک گونه درست اظهار نظر شود، باید در ابتدا نرخ انقراض تعیین گردد. سپس میزان انقراض کنونی را با آنچه از فسیل‌ها به دست می‌آید مقایسه کرد و دید کدام بیشتر است. باید بیاموزیم که چه عواملی گونه‌ها را برای انقراض تهدید می‌کنند؟ چرا گونه‌ها در گذشته منقرض شده‌اند؟ و در چه مناطقی انقراض بیشتری اتفاق افتاده است؟ با کسب چنین اطلاعاتی دانشمندان می‌توانند به حل بحران انقراض گونه‌ها کمک کنند.

معمولاً گونه‌هایی بیشتر منقرض می‌شوند که قبل از مرگ، نتاجی تولید نمی‌کنند، گونه‌ها به شیوه‌های مختلفی ناپدید می‌شوند. مثلاً وقتی دودمان آنها به دلایل تکاملی تغییر شکل می‌یابند یا وقتی آنها به دو یا تعداد بیشتری خانواده مجزا تقسیم می‌شوند یا به عبارت دیگر، چنددودمانی می‌شوند (انقراض کاذب)^۲ احتمال انقراضشان بیشتر می‌شود. نسبت فراوانی انقراض واقعی و کاذب هنوز در تاریخچه تکاملی مشخص نیست.

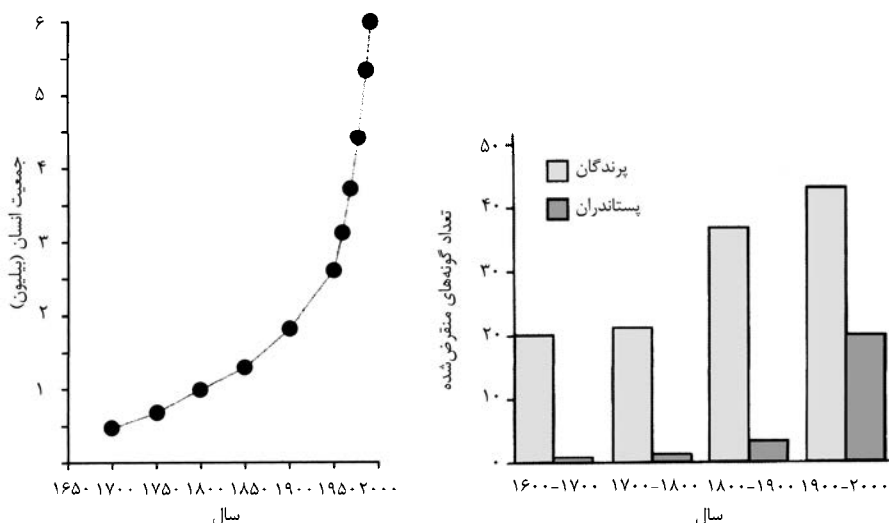
اما واقعاً گونه‌ها چند سال می‌توانند روی زمین زندگی کنند. میانگین طول زندگی گونه‌ها، براساس اطلاعات به دست آمده از فسیل‌ها، ۴ میلیون سال است. با یک تخمین خیلی تقریبی محاسبه شده است که از بین ۱۰ میلیون گونه موجود زنده، به طور متوسط ۲/۵ گونه در سال انقراض می‌یابد. آنچه از فسیل‌ها به دست می‌آید بیشتر مربوط به مهره‌داران و نرم‌تنان دریایی است. چراکه هر دو آنها به دلیل قسمت‌های سخت بدنشان برای مطالعه مفید هستند. اگر میزان انقراض ده برابر میزان مشاهده شده از فسیل‌ها باشد، انتظار می‌رود، هر صدسال یک گونه از ۴۰۰۰ پستاندار در حال زیست و یک گونه پرنده در هر ۵۰ سال منقرض شود.

در حال حاضر میزان انقراض بیشتر از گذشته است و باید تلاش شود که برای عموم مردم مشخص گردد که چگونه فعالیت‌های بشر تعداد گونه‌های منقرض شده یا در حال انقراض را افزایش داده است. به آسانی می‌توان به این نکته رسید که بشر به عنوان مهمترین عامل انقراض عمل کرده است. ورود بشر به قاره‌های جدید (۱۳ هزار سال پیش در استرالیا و ۱۱ هزار سال پیش و شاید هم کمتر در آمریکای شمالی و جنوبی) منطبق با انقراض تعداد گسترده‌ای از گونه‌هاست. در استرالیا تقریباً تمام پستانداران خیلی بزرگ، مارها و خزندگان غول‌پیکر و نیمی از پرندگان بزرگ فاقد توانایی پرواز در آن زمان منقرض شدند. چنین حالتی در آمریکا نیز رخ داد و آمریکای شمالی ۷۳٪ و آمریکایی جنوبی ۸۰٪ گونه‌های پستاندار بزرگ جثه خود را همزمان با ورود بشر به این قاره از دست دادند. محتمل‌ترین دلیل برای این پدیده‌ها شکار است. اگرچه این حقیقت را نیز نباید نادیده گرفت که تغییرات آب‌وهوایی نیز مزید بر علت شد. به هر حال، میزان انقراض در جزایر در

1. Extinction

2. Pseudoextinction

3. Polynesians



شکل ۲-۴ افزایش انقراض گونه‌ها به همراه افزایش جمعیت بشر.

گذشته‌ای نه‌چندان دور، نشاندهنده اثر تخریبی انسان است. به نظر می‌آید اهالی جزیره پلی‌نزی^۳ که هاوایی را در قرون چهار و پنج به مستعمره خود تبدیل کردند، مسئول از بین رفتن ۵۰ گونه از ۱۰۰ گونه اندمیک در آنجا بودند و این اتفاق در محدوده زمانی ورود آنها تا اواخر قرن ۱۸ که انگلیسی‌ها به آنجا آمدند، روی داد. چنین حالتی در نیوزلند که ۵۰۰ سال قبل از هاوایی به مستعمره تبدیل شد، نیز رخ داد. در آنجا مجموعه زیادی از پرندهگان ساکن در دشت‌های بزرگ تا اواخر قرن ۱۸ ناپدید شدند. این انقراض احتمالاً با شکار مستقیم و تخریب گسترده زیستگاهها به‌خاطر وقوع آتش‌سوزی‌ها رخ داد.

در ماداگاسکار یک نوع پرنده غول‌پیکر که تاکنون بزرگترین پرنده شناخته شده است و ۲۰ گونه میمون پوزدراز که بیشتر آنها جنه‌ای بزرگتر از گونه‌های بقایافته داشتند و ۲ نوع لاک‌پشت بزرگ خشکی در ۱۵۰۰ سال گذشته منقرض شده‌اند. در دریای کارائیب حداقل ۲ جانور دریایی در انتهای قرن ۱۵ قبل از اینکه اروپایی‌ها وارد شوند، منقرض شدند. البته تغییرات آب‌وهوایی و به‌خصوص خشکی شدید، در انقراض گونه‌ها نقش داشته‌اند. به‌رحال پذیرفتن این نکته که در سال‌های اخیر انقراض گونه‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافته، انکارناپذیر است (شکل ۲-۴ و جدول ۱-۲).

الگوهای انقراض

الگوهای مختلفی در رابطه با انقراض گونه‌ها وجود دارند. انقراض در جزایر بیشتر از سایر نقاط صورت گرفته است. اولین دلیل این موضوع این است که در جزایر گونه‌های کمتری وجود دارند، پس نسبت به سایر مناطق درصد بیشتری گونه‌های منقرض شده داشته‌اند. دومین دلیل کم بودن تعداد افراد هر گونه در جزایر است که

جدول ۱-۲ درصد گونه‌های منقرض شده از سال ۱۶۰۰.

موجود زنده	اراضی اصلی	جزایر	کل	تعداد تقریبی گونه‌ها	درصد
پستانداران	۳۰	۵۱	۸۱	۴۰۰۰	۲/۰
پرندگان	۲۱	۹۲	۱۱۳	۹۰۰۰	۱/۳
خزندگان	۱	۲۰	۲۱	۶۳۰۰	۰/۳
دوزیستان	۲	۰	۲	۴۲۰۰	۰/۵۰
ماهی‌ها	۲۲	۱	۲۳	۱۹۱۰۰	۰/۱۲
بی‌مهرگان	۴۹	۴۸	۹۷	۱۰۰۰۰۰	۰/۳۰
گیاهان آوندی	۳۸۰	۲۱۹	۵۹۹	۲۵۰۰۰۰	۰/۲۴
جمع کل	۵۰۵	۴۳۱	۹۳۶		

خود باعث انقراض زودتر آنها شده است. همچنین اهلی بودن، نداشتن توانایی پرواز و میزان پایین تولیدمثل از دیگر عوامل انقراض آنها بوده است. به خصوص وقتی صیادان جدید به منطقه وارد می‌شوند، میزان انقراض گونه‌های صید افزایش می‌یابد. یک مثال خوب برای این مورد انقراض پرندها و گیاهان جزیره هاوایی در مقایسه با پرندگان و گیاهان قاره امریکاست. نسبت بیشتری از گونه‌های جزیره هاوایی نسبت به گونه‌های قاره‌ای تحت خطر قرار گرفته و یا منقرض شده‌اند. وقتی به دنبال دلایل انقراض می‌گردیم، برای اغلب آنها دلیلی پیدا نمی‌کنیم. به آسانی نمی‌توان فهمید چرا بیشتر گونه‌ها، به خصوص گونه‌های متعلق به دهه‌ها و قرن‌های گذشته منقرض شده‌اند. اما در مواردی معلوم شده است، جانوران معرفی شده (۱۷٪) و تخریب مستقیم زیستگاهها به وسیله بشر (۱۶٪) از عوامل مهم انقراض بوده‌اند. همچنین شکار (۱۰٪) و نابودی عمدی گونه‌ها نیز به طور مؤثری در انقراض نقش داشته‌اند.

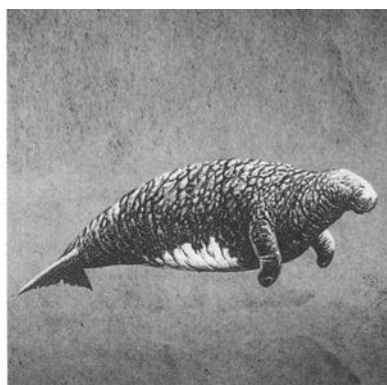
می‌توان صفات گونه‌های جدید وارد شده به هر منطقه‌ای را به طور کامل بررسی کرد و ویژگی‌های رقابتی، شکارگری، بیماری‌زایی و پارازیت‌کنندگی ناشی از آنها را مورد توجه قرار داد. رقابت ناشی از آنها می‌تواند به عنوان یک عامل غلبه‌کننده بر جمعیت محلی، عمل کند. البته چنین رویدادی به طور واضح، به خصوص برای گونه‌های نادر مشخص نشده است. در مورد شکارگری موارد متعددی که در انقراض گونه‌ها نقش داشته ذکر شده است. به عنوان مثال، موش‌ها و گربه‌ها باعث انقراض ۱۱۲ تا ۲۵۸ پرنده در جزایر شده‌اند. پارازیت‌ها و بیماری‌ها نیز نقش مهمی در انقراض داشته‌اند. مثلاً بیماری مالاریا در پرندگان هاوایی به وسیله پشه مولد آن باعث انقراض و مرگ ۵۰٪ پرندگان محلی هاوایی شد. حالت مشابهی در مورد بلوط امریکایی^۱ و نارون‌های اروپایی و امریکایی^۲ اتفاق افتاد و در اثر انتشار بیماری‌های گیاهی تعداد آنها به شدت کاهش یافت هرچند که بسیاری از آنها منقرض نشدند.

1. American chestnut tree

2. European and American elm trees



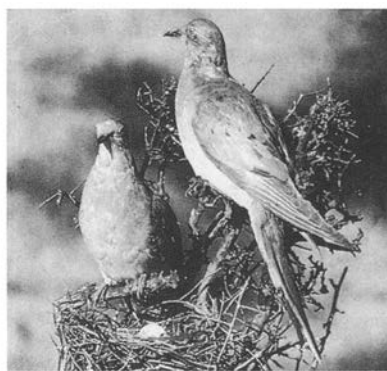
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۲-۵ گونه‌های منقرض‌شده: (الف) گاو دریایی استلر، (ب) دودو، (ج) کبوتر مسافر و (د) طوطی کارولینا.

تخریب زیستگاهها، مانند جنگل‌زدایی^۱، به‌عنوان یک عامل مهم انقراض گونه‌ها می‌باشد. گاو دریایی استلر^۲ (شکل ۲-۵) که یک گونه عظیم‌الجثه از پستانداران بود تنها پس از ۲۷ سال از کشف آن در برینگ استریس^۳ (۱۷۴۰) به‌وسیله شکار، منقرض شد. دودو^۴ بلافاصله پس از اینکه جزیره مارتیوس^۵ به مستعمره هلند تبدیل شد (۱۶۴۴) شکار و منقرض شد. در ایالات متحده کبوتر مسافر^۶ رایج‌ترین پرنده در بین پرندگان امریکایی شمالی بود که به‌طور باورنکردنی، شکار آن، نخستین دلیل برای انقراض آن در سال ۱۹۰۰ بود. گرچه تخریب زیستگاه آن نیز در این انقراض نقش مهمی داشت. طوطی کارولینا^۷ نیز چنین سرنوشتی پیدا کرد. فهرست گونه‌هایی که شکار باعث انقراض آنها شده است، همچنان در حال افزایش است و هم‌اکنون بسیاری از گونه‌ها نیز در خطر انقراض قرار گرفته‌اند (شکل ۶-۲). به‌عنوان مثال می‌توان به چین‌چیل^۸ یا

1. Deforestation
2. Steller's sea cow
3. Bering straits
2. Chinchilla

4. Dodo
5. Mauritius

6. Passenger pigeon
7. Carolina parakeet

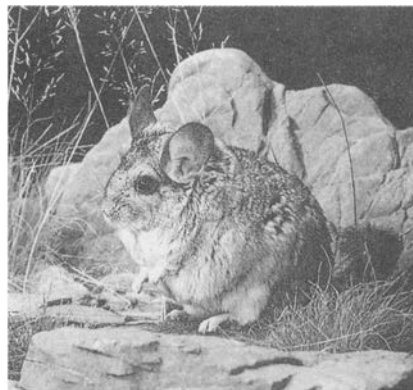


شکل ۶-۲ درصد گونه‌های شناخته‌شده‌ای که در معرض انقراض قرار دارند.

گره آبی^۱ و بسیاری از گونه‌های گره یا میمون اشاره کرد که جمعیت آنها به دلیل گرانبه بودن پوست آنها، کاهش یافته است. همچنین در بین گیاهان می‌توان به درخت ماهوگانی هندی^۲ یا به درخت سدر لبنانی^۳ اشاره کرد که جمعیت آنها به صورت لکه‌هایی درآمده است (شکل ۷-۲).



(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۷-۲ چهار گونه گیاهی و جانوری که در خطر انقراض قرار گرفته‌اند. (الف) چین‌چیل، (ب) گره آبی، (ج) درخت ماهوگونی هندی، و (د) سدر لبنانی.

مفهوم، اصول کار و اجزای تشکیل دهنده اکوسیستم

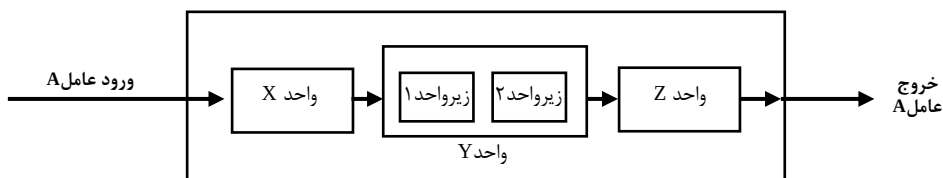
دنیای زیست‌شناسی دارای تنوع و پیچیدگی‌های زیادی است که برای شناخت آنها نیاز به بررسی سیستم یا نظام حاکم بر آنها می‌باشد. مطالعه اکوسیستم راهی است که دنیای موجودات زنده و محیط غیرزنده موجود در آن را برای ما آشکارتر می‌نماید. شناخت مفهوم اکوسیستم می‌تواند در مدیریت منابع و مدل‌های پیش‌بینی تغییرات اکوسیستم و نیز در بررسی اثرات انسان بر موجودات زنده کره زمین و محیط آنها مورد استفاده قرار گیرد.

سیستم یا نظام

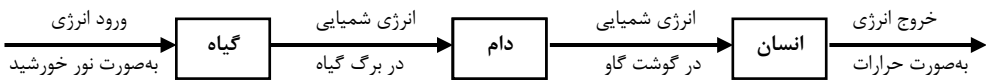
سیستم مجموعه‌ای از عناصر یا اجزایی است که در ارتباط با یکدیگر و به صورت کل عمل می‌نمایند. حل مشکلات زیست‌محیطی در گرو درک سیستم‌ها و چگونگی و میزان تغییرات آنها و نیز چگونگی کنش متقابل اجزای مختلف آن با یکدیگر است.

سیستم ممکن است باز یا بسته باشد. سیستم باز^۱ سیستمی است که یک عامل مشخص را با دیگر سیستم‌ها مبادله کند. یعنی سیستمی از نظر یک عامل باز محسوب می‌شود، که آن عامل را با سیستم‌های دیگر مبادله کند (شکل‌های ۱-۳ و ۲-۳). به عنوان مثال، اقیانوس از نظر آب یک سیستم باز است که آب را با آتمسفر نیز مبادله می‌کند.

سیستم بسته^۲ سیستمی است که عامل مورد نظر را با سیستم‌های دیگر مبادله نکند. به عنوان مثال، زمین از نظر انرژی سیستم باز و از نظر مواد بسته است.



شکل ۱-۳ یک سیستم باز با اجزای آن.



شکل ۲-۳ یک سیستم باز طبیعی که اجزای آن در ارتباط با هم هستند.

سیستم‌های بسته عموماً به صورت مصنوعی و توسط بشر ساخته می‌شوند. سیستم‌های طبیعی باز و به طرف پایداری نسبی حرکت می‌کنند. تمام اجزای سیستم هماهنگی خاصی با یکدیگر دارند.

تعریف اکوسیستم یا بوم‌نظام

واژه اکوسیستم یا سیستم اکولوژیکی^۱ اولین بار در حدود سال ۱۹۳۵ توسط اکولوژیست انگلیسی به نام تنسلی^۲ وارد اکولوژی شد. کلمه اکوسیستم از دو بخش اکو + سیستم^۳ تشکیل شده است. اکو به معنای بسترزیست، محیط زیست و زیستگاه است و سیستم یا نظام، اجزای متفاوتی را گویند که نیازمند به یکدیگر بوده و بر اثر نیاز، رابطه متقابل پیدا می‌کنند و جمع واحدی را تشکیل می‌دهند.

اکوسیستم عبارت است از "کلیه موجودات زنده و اجزای فیزیکی که در محدوده جغرافیایی معینی وجود داشته و بین خودشان و یکدیگر کنش متقابل دارند. به طوری که در اثر این کنش‌های متقابل انرژی و مواد جریان داشته باشند." از این تعریف این طور نتیجه گیری می‌شود که هر اکوسیستمی دارای ساختمان و عمل مشخصی است. شناخت ساختمان و عمل اکوسیستم در اکولوژی اهمیت زیادی دارد و در علوم کاربردی برای مدیریت صحیح اکوسیستم نیاز به شناخت ساختمان و عمل اکوسیستم می‌باشد.

بیوسنوز^۴

اصطلاح بیوسنوز از اصطلاح اکوسیستم قدیمی تر است. در سال ۱۸۷۷ موبیوس^۵، بیوسنوز را چنین تعریف کرده است: "اجتماعی از موجودات زنده که به وسیله روابط متقابل به یکدیگر وابسته بوده و در سایه تولیدمثل در یک محیط معین به طور دائمی پایدار می‌مانند." اما تعریف جدید بیوسنوز به این صورت است که "بیوسنوز گروهی از موجودات زنده‌ای هستند که به وسیله کنش‌هایی مجتمع گردیده و تحت تأثیر عوامل مختلف محیط قرار می‌گیرند."

در تعریف موبیوس از بیوسنوز:

(الف) اشاره به کلیه موجودات زنده اعم از میکروسکوپی، ماکروسکوپی، جانوری و یا گیاهی شده است. در تعریف بیوسنوز کلیه موجودات زنده، وارد تعریف شده است ولی در عمل تمام موجودات مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. در عمل بررسی بیوسنوزها به بررسی گروهی از موجودات زنده می‌پردازند که آن گروه

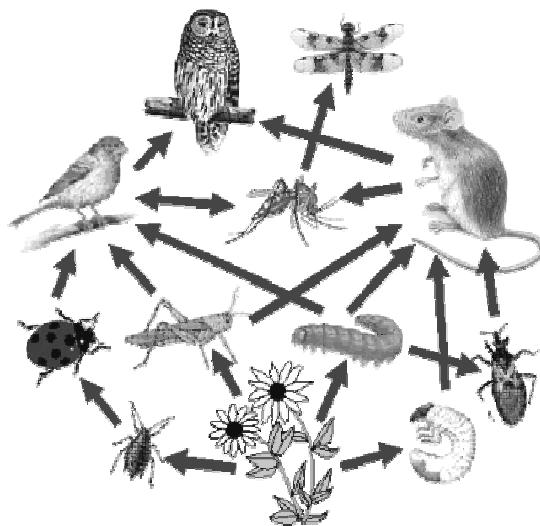
1. Ecological system or Ecosystem

2. A.G. Tansley

3. System

4. Biocenose

5. Mobius



شکل ۳-۳ یک بیوسنوز.

از نظر تنوع گونه‌ای و تعداد قابل ملاحظه است. مثلاً منطقه سبلان یک بیوسنوز است و ۴۷۱ گونه گیاهی در آنجا بررسی و شناخته شده است ولی بررسی این بیوسنوز روی یک عده از گروههای موجودات زنده انجام شده است.

(ب) در تعریف گفته شد که موجودات زنده بیوسنوز به وسیله روابط متقابل به هم وابسته است ولی در تعریف جدید این روابط متقابل به کار نمی‌رود. چون در طبیعت بجز زندگی تعاونی و اشتراکی، روابط متقابل نیست. پس همه موجودات یک منطقه را یک نیاز به آن منطقه کشانده است و در بسیاری موارد روابط یک طرفه است.

(ج) به گفته موبیوس درحقیقت یک بیوسنوز، پایدار است، اگر مقیاس، عمر انسان‌ها باشد. می‌توان بیوسنوزها را از نظر پایداری به دو دسته تقسیم کرد:

۱. بیوسنوز پایدار

۲. بیوسنوز ناپایدار (دوره‌ای)

بیوسنوز پایدار ممکن است به اندازه چند نسل آدمی نیز عمر داشته باشد مثل یک جنگل. با این حال، یک اکوسیستم پایدار ممکن است از نظر دوره‌های زمین‌شناسی و آب‌وهوایی پایدار نباشد. بیوسنوزهای ناپایدار دارای تکامل بسیار سریعی هستند، مثل بسیاری از گیاهان زراعی و باغی.

(د) طبق تعریف موبیوس موجودات زنده در بطن بیوسنوز زادآوری و تولیدمثل می‌کنند و این موضوع امروزه از تعریف اصلی حذف شده است و می‌گویند یک موجود می‌تواند در یک بیوسنوز زندگی کرده و در بیوسنوز دیگر تولیدمثل نماید.

انواع اکوسیستم‌ها

اکوسیستم ممکن است دارای ابعاد کوچک یا وسیعی باشد که براین اساس انواع اکوسیستم‌ها عبارت‌اند از:

۱. ماکرو اکوسیستم‌ها^۱ (اکوسیستم‌های بزرگ) مانند اقیانوس‌ها.
۲. مزو اکوسیستم‌ها^۲ (اکوسیستم‌های متوسط) مانند جنگل، برکه.
۳. میکرو اکوسیستم‌ها^۳ (اکوسیستم‌های کوچک) مانند اکواریوم، یک کرت آزمایشی، یک جانور مرده در حال تجزیه و غیره.

از طرف دیگر، براساس نوع بستر اکوسیستم‌ها به دو نوع تقسیم می‌شوند: اکوسیستم خشکی و اکوسیستم آبی. انواع اکوسیستم‌های خشکی وجود دارند مانند مرتع، جنگل، بیابان و توندرا. انواع اکوسیستم‌های دریایی مانند آب‌های شیرین، خلیج‌ها و دریاها وجود دارند. تقسیم‌بندی اکوسیستم‌های خشکی عموماً براساس نوع گیاهان غالب و اکوسیستم‌های دریایی معمولاً برپایه میزان مواد شیمیایی آنها یعنی نمک محلول در آب آنها صورت می‌گیرد. اکوسیستم‌های آب شیرین (با میزان نمک خیلی کم)، شامل دریاچه‌ها، تالاب‌ها، نهرها و رودها هستند و اقیانوس‌ها و دریاها اکوسیستم‌های دریایی (با میزان نمک زیاد) می‌باشند. خلیج‌های ساحلی، مصب رودخانه‌ها و باتلاق‌های جزرومدی یعنی مکان‌هایی که آب شیرین با آب شور مخلوط می‌شود نیز اکوسیستم‌های خلیجی^۴ هستند.

اجزای اکوسیستم

اکوسیستم به‌طور کلی، دارای دو جزء است:

(الف) اجزای جاندار (موجودات زنده)^۵ یا بیوسنوز

(ب) اجزای بی‌جان^۶ (محیط) یا بیوتوپ

پس به‌طور کلی، می‌توان گفت که اکوسیستم شامل بیوسنوز و بیوتوپ می‌باشد.

$$\text{بیوتوپ} + \text{بیوسنوز} = \text{اکوسیستم}$$

(الف) اجزای جاندار

اجزای جاندار اکوسیستم شامل:

۱. تولیدکنندگان یا اتوتروف‌ها^۷

اتوتروف‌ها به گروهی از جانداران اکوسیستم گفته می‌شوند که با استفاده از انرژی و مواد معدنی قادرند مواد آلی را بسازند. منبع تأمین کربن در اتوتروف‌ها دی‌اکسیدکربن آتمسفر است. فتوتروف‌ها^۸ انرژی

1. Macro ecosystems
 2. Meso ecosystems
 3. Micro ecosystems
 4. Estuarine
 5. Biotic
 6. Abiotic
 7. Producers or Autotrophs
 8. Phototrophs

مورد نیازشان را از نور خورشید تأمین می کند. ارگانوتروفها^۱ انرژی را از واکنش های شیمیایی آلی به دست آورده درحالی که لیتوتروفها^۲ انرژی را از واکنش های شیمیایی غیرآلی به دست می آورند.

۲. مصرف کنندگان یا هتروتروفها^۳

هتروتروفها موجوداتی هستند که خود قادر به ساختن مواد آلی از مواد معدنی نبوده بلکه مواد ساخته شده توسط تولید کنندگان را استفاده می کنند. هتروتروفها کربن مورد نیازشان را از مولکول های آلی به دست می آورند.

مصرف کنندگان اکوسیستم به دو گروه تقسیم می شوند:

(I) مصرف کنندگان بزرگ (مصرف کنندگان کلان) یا فاگوتروفها^۴، معمولاً شامل جانورانی می باشند که موجودات زنده یا مواد آلی کوچک دیگر را می بلعند. مصرف کنندگان بزرگ شامل علفخواران^۵، گوشتخواران^۶، و همه چیز خوران^۷ می باشند.

(II) مصرف کنندگان کوچک (مصرف کنندگان خرد) یا گندخوارها یا مصرف کننده های اسمزی^۸، (در قدیم به این گروه تجزیه کنندگان نیز گفته می شد اما چون جانوران بزرگ هم در تجزیه نقش دارند این واژه حذف شد). مصرف کنندگان کوچک موجوداتی هستند که کار تبدیل مواد آلی به مواد معدنی را به عهده دارند. به عبارت دیگر، مصرف کنندگان کوچک موجودات هتروتروفی هستند که عمدتاً شامل باکتری ها و قارچ ها بوده و ترکیب های آلی پیچیده پروتوپلاست مرده را تجزیه و برخی از مواد حاصل را جذب و مواد غذایی را در محیط رها می کنند. این مواد غذایی رها شده همراه با مواد آلی دیگر توسط مصرف کنندگان مصرف می شوند.

هتروتروفها ممکن است بیوفاژ^۹ یا زنده خوار و ساپروفازها^{۱۰} یا مرده خوار باشد.

در ساختمان هر اکوسیستم دو جزء تولید کنندگان و مصرف کنندگان معمولاً از نظر مکانی و زمانی با هم اختلاف فاز دارند. از نظر مکانی، در هر اکوسیستمی معمولاً تولید کنندگان در بالاترین فضای آن مکان جای دارند (مثلاً گیاهان در سطح بالا هستند و مصرف کنندگان در سطح پایین تر). از نظر زمانی نیز، چون تولید کنندگان باید ابتدا بسازند تا بعد توسط مصرف کنندگان استفاده گردد، پس تولید کنندگان از نظر زمانی جلوتر هستند.

(ب) اجزای بی جان

اجزای بی جان اکوسیستم شامل عوامل فیزیکی و شیمیایی می شود. عوامل فیزیکی عمدتاً منظور عوامل اقلیمی مانند درجه حرارت، رطوبت، بارندگی، باد، فشار، نور و غیره می باشد. عوامل شیمیایی شامل مواد معدنی و مواد آلی می باشند. بنابراین، یک اکوسیستم دارای شش جزء تولید کنندگان، مصرف کنندگان

1. Organotrophs

2. Litotrophs

3. consumers or Heterotrophs

4. Macro consumers or Phagotrophs

5. Herbivores

6. Carnivores

7. Omnivores

8. Microconsumers or Saprotrophs or Osmotrophs

9. Biophages

10. Saprophages

بزرگ، مصرف کنندگان کوچک، عوامل فیزیکی، مواد آلی و مواد معدنی می باشد. چنانچه اکوسیستمی تمام این اجزا را داشته باشد به آن اکوسیستم کامل و چنانچه یکی از این اجزا را نداشته باشد اکوسیستم ناقص نامیده می شود. مثلاً یک واحد دامداری یک اکوسیستم ناقص است.

فرایندهای اکوسیستم

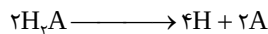
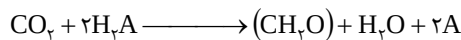
مهمترین فرایندهای اکوسیستم عبارت اند از تولید، تنفس و تجزیه.

تولید

فرایندی است که طی آن مواد معدنی با استفاده از انرژی به مواد آلی تبدیل می شوند. براساس نوع انرژی که در این فرایند مورد استفاده قرار می گیرد، تولید شامل فتوسنتز^۱ و شیمیوسنتز^۲ می شود.

فتوسنتز

فرایندی است که در طی آن مواد معدنی با استفاده از انرژی خورشیدی به مواد آلی تبدیل می شوند. فتوسنتز شامل واکنش های اکسید و احیاشدن در طبیعت است و معادله های کلی زیر را می توان برای آن نوشت:



فرمول اکسیدشدن:



فرمول احیاشدن:

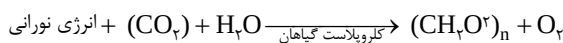
براساس اینکه احیاکننده در واکنش های فتوسنتز چه موادی باشند، این فرایند به دو دسته تقسیم می شود:

۱. فتوسنتز در گیاهان عالی و جلبک ها (گیاهان سبز)

۲. فتوسنتز در باکتری ها

در گیاهان سبز به طور کلی، A اکسیژن است و آنچه اکسید می شود، آب است. در نتیجه اکسیژن به حالت

گاز متصاعد می گردد و آنچه احیا می شود CO_2 است که در نتیجه آن هیدرات کربن (CH_2O) تولید می گردد. پس می توان نوشت:

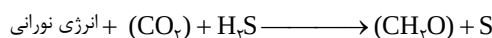


از طرف دیگر در فتوسنتز باکتری ها، H_2A (احیاکننده) آب نیست، بلکه ممکن است یک ترکیب معدنی

گوگردی مثل هیدروژن سولفور (H_2S) باشد که در باکتری های گوگردی سبز و ارغوانی (بی هوازی اجباری)، مانند Chlorobacteriaceae و Thiorhodaceae وجود دارد. یا ممکن است احیاکننده ماده آلی باشند که در

باکتری های غیر گوگردی قهوه ای و ارغوانی (بی هوازی اختیاری)، مانند Athiorhodaceae دیده می شود.

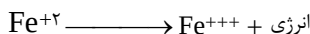
در نتیجه در عمل فتوسنتز باکتری ها اکسیژن آزاد نمی شود. پس می توان نوشت:



بیشتر باکتری‌های فتوسنتز کننده^۱، آبی هستند و در اغلب موارد در تولید مواد آلی نقش فرعی برعهده دارند. لیکن اهمیت باکتری‌های فتوسنتز کننده در این است که: اولاً در محل‌هایی زندگی می‌کنند که معمولاً گیاهان سبز نمی‌توانند زندگی کنند و ثانیاً بدون وجود این موجودات بسیاری از عناصر از دسترس اکوسیستم خارج می‌شوند و چرخه مواد ناقص می‌شود.

شیمیوسنتز (کمیوسنتز)

شیمیوسنتز نیز مخصوص باکتری‌هاست. در این فرایند انرژی مورد استفاده برای تولید مواد آلی انرژی نورانی نیست. بلکه از راه اکسیداسیون شیمیایی ترکیب‌های ساده معدنی به دست می‌آید. مثلاً از راه اکسیداسیون، آمونیاک را به نیتريت و نیتريت را به نترات و سولفور را به گوگرد و آهن فرو را به آهن فریک تبدیل می‌کنند. این باکتری‌ها می‌توانند در تاریکی برویند ولی اغلب آنها نیازمند اکسیژن هستند. باکتری گوگردی بگیا تو^۲، که در بیشتر چشمه‌های گوگردی فراوان است، و نیز باکتری‌های مختلف نیتروژنه که در گردش نیتروژن اهمیت دارند، نمونه‌هایی از این نوع باکتری هستند که واکنش زیر در آنها روی می‌دهد:



تنفس

از نظر اکولوژی تنفس^۳ عبارت است از کلیه فعل و انفعالات زیستی انرژی زا، به‌طور کلی، انواع تنفس عبارتند از تنفس هوازی^۴، تنفس بی‌هوازی^۵ و تخمیر^۶.

تنفس هوازی

در تنفس هوازی نیاز به اکسیژن می‌باشد و اکسیژن مولکولی گیرنده الکترون (اکسید کننده) است. در این نوع از تنفس مواد آلی اکسید شده و تبدیل به CO_2 و آب و مقدار زیادی انرژی می‌شود. این نوع از تنفس عکس فتوسنتز است. پس می‌توان نوشت:



تنفس بی‌هوازی

در تنفس بی‌هوازی گاز اکسیژن دخالتی ندارد بلکه یک ترکیب شیمیایی غیر آلی بجز اکسیژن، گیرنده الکترون (اکسید کننده) است. معمولاً این نوع از تنفس منحصر به گندخواران (باکتری‌ها، مخمرها، کپک‌ها،

1. Photosynthetic bacteria
2. Beggiato
3. Respiration
4. Aerobic Respiration
5. Non Aerobic Respiration
6. Fermentation
3. Aerobacter

جدول ۱-۳ تفاوت‌های تنفس و فتوسنتز.

تنفس	فتوسنتز
در کلیه سلول‌های زنده گیاهان و جانوران اتفاق می‌افتد.	در سلول‌های سبز گیاهان اتفاق می‌افتد.
در هر دو حالت نور و تاریکی انجام می‌شود.	تنها در حضور نور انجام می‌شود.
تولیدات فتوسنتز را مصرف می‌کند.	به آب و دی‌اکسیدکربن نیاز دارد.
آب و دی‌اکسیدکربن آزاد می‌کند.	اکسیژن آزاد می‌کند.
در اثر شکستن قندها یا پروتئین، انرژی آزاد می‌شود.	انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود و در ساخت قندها یا پروتئین استفاده می‌شود.
باعث کاهش وزن می‌شود.	باعث افزایش وزن می‌شود.
به‌واسطه آن غذا تجزیه می‌شود.	به‌واسطه آن غذا تولید می‌شود.

تک‌سلولی‌های جانوری) است. لیکن در برخی از بافت‌های جانوران عالی هم به‌تبع فرایندهای دیگر صورت می‌گیرد.

معمولاً مقدار انرژی تولیدشده در تنفس بی‌هوازی کمتر است. اما به‌رغم این موضوع، تنفس بی‌هوازی اهمیت ویژه‌ای در چرخهٔ مواد مختلف دارد. زیرا تنفس بی‌هوازی در شرایطی انجام می‌پذیرد که در این شرایط گیاهان قادر به زیستن و حیات نیستند، همچنین در این تنفس از اکسیداسیون مواد شیمیایی، مواد دیگری آزاد می‌گردد که این مواد می‌توانند نیازهای گروههای تغذیه‌کننده دیگری را تأمین نمایند. برای مثال؛ باکتری‌های متان نمونه خوبی از بی‌هوازی‌های اجباری هستند، این باکتری‌ها ترکیبات آلی را ضمن احیای کربن آلی یا کربن کربنات‌ها تجزیه می‌کنند و متان (CH_4) را می‌سازند. گاز متان که اغلب به‌عنوان گاز مرداب شناخته شده است، به سطح می‌رسد و در آنجا اکسیده شده و اگر آتش بگیرد به‌صورت شیئی نامشخص در حال پروازی، به‌نظر می‌رسد.

باکتری‌های دسولفوویبریو^۱ نمونه‌ی مهمی از باکتری‌های هستند که دارای تنفس بی‌هوازی می‌باشند. این باکتری‌ها SO_4 رسوبات عمیق را احیاء و به گاز هیدروژن سولفور (H_2S) که می‌تواند به سطح رسوبات کم‌عمق بالا بیاید و تحت تأثیر سایر موجودات زنده قرار گیرد، تبدیل می‌کنند.

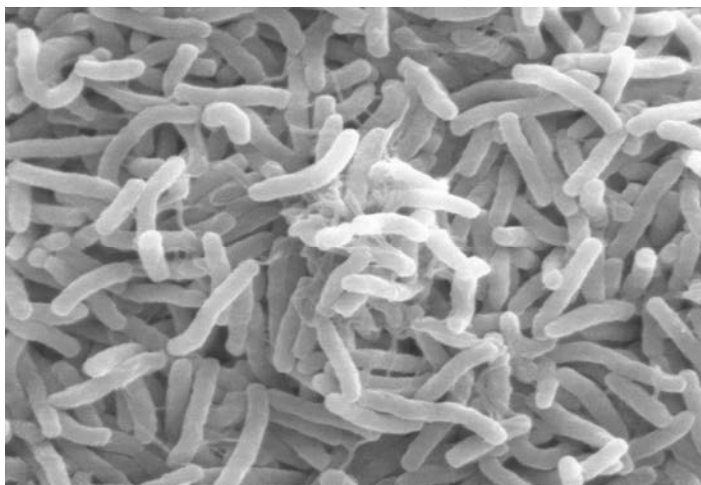
تخمیر

تخمیر نیز نوعی تنفس غیرهوازی است که در آن یک ترکیب آلی به‌عنوان گیرنده الکترون (اکسیدکننده) می‌باشد. برخی از منابع تخمیر را جزء تنفس بی‌هوازی محسوب می‌کنند. موجودات زنده را از لحاظ نحوهٔ تنفس به سه گروه تقسیم می‌کنند:

۱. آنهایی که تنفس هوازی اجباری دارند؛ یعنی احتیاج صددرصد به اکسیژن دارند.

۲. آنهایی که بی‌هوازی اجباری هستند؛ اینها در وجود اکسیژن از بین می‌روند.

1. Desulfovibrio



شکل ۳-۴ تصویری میکروسکوپی از باکتری آئروباکتر.

۳. هوازی اختیاری یا بی‌هوازی اختیاری؛ در صورت وجود اکسیژن، هوازی و در صورت نبود آن، بی‌هوازی هستند. مانند بعضی از باکتری‌ها مثل آئروباکتر^۱. لیکن بایستی توجه داشت که محصول نهایی این دو واکنش متفاوت و مقدار انرژی که در شرایط بی‌هوازی آزاد می‌شود بسیار کم است.

تجزیه

فرایند تجزیه^۲ یکی از فرایندهای مهم اکوسیستم است. منظور از فرایند تجزیه تبدیل مواد آلی به مواد معدنی است. در طبیعت تجزیه مواد آلی به دو صورت انجام می‌گیرد:

۱. از طریق آتش‌سوزی‌های طبیعت

۲. از طریق تجزیه بیولوژیکی

مواد آلی به کمک یک عده از موجودات زنده به فرم معدنی درمی‌آیند و باکتری‌ها و قارچ‌ها در این زمینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. عمل تجزیه به‌طور کلی، مدیون میکروارگانیسم‌های هتروتروف (گندخوارها) است.

در تجزیه مواد آلی باید در نظر داشته باشیم که اولاً تمام مواد با یک سرعت تجزیه نمی‌شوند مثلاً چربی‌ها، قندها و پروتئین‌ها سریع‌تر ولی سلولز، لیگنین، چوب، کیتین، مو و استخوان جانوران به کندی تجزیه می‌شوند؛ و ثانیاً عمل تجزیه در طبیعت اختصاصی نیست یعنی برای تجزیه مواد آلی باید انواع گوناگونی از باکتری‌ها و قارچ که توأم با هم یا سلسله‌وار فعالیت می‌کنند، وجود داشته باشند. ظاهراً باکتری‌ها در متلاشی کردن جانوران و قارچ‌ها در متلاشی کردن گیاهان دخالت بیشتری دارند.

1. Aerobacter

2. Decomposition

مقدار ذخایر مواد غذایی در خاک، چوب، شاخه‌ها و برگ‌های اکوسیستم جنگل‌های مناطق حاره و معتدل متفاوت است. در مناطق معتدل بیش از ۵۰٪ مواد غذایی همیشه در خاک است درحالی‌که در مناطق حاره ۸۰٪ مواد غذایی به‌صورت وزن زنده و یا ترکیبات زنده بوده و فقط ۲۰٪ آن در خاک است. نتیجه تجزیه مواد آلی مقاومتر در کوتاه‌مدت تشکیل هوموس یا مواد هوموسی^۱ است. هوموس ماده‌ای قهوه‌ای رنگ با خاصیت کلونیدی و بی‌شکل است. مواد هوموسی از انواع بسیار زیادی از مواد آلی مشتق می‌شوند و به‌همین جهت شناسایی آنها از لحاظ شیمیایی مشکل است. سرعت تجزیه هوموس خیلی کم است. به‌عبارت دیگر، هوموس مقاوم به تجزیه است. علت آن‌است که اولاً ساختمان شیمیایی آن طوری است که مقاوم به تجزیه است. در ساختمان آن حلقه‌های فنلی با شاخه‌های جانبی فراوان وجود دارد و ثانیاً کمبود آنزیم‌های لازم برای تجزیه آن است. ظاهراً شکافتن این ساختمان پیچیده، مستلزم وجود آنزیم‌های مخصوص دئوکسیژناز^۲ می‌باشد که چه بسا در خاک معمولی و در گندخواران وجود نداشته باشد. نقش مهمی که مواد آلی تجزیه‌شده و هوموس و سایر مواد آلی در حال تجزیه در حاصلخیزی خاک دارند، کاملاً آشکار است. اگر مواد مذکور به‌مقدار مناسب در خاک باشند، بافت خاک برای نشو و نمای گیاهی آمادگی پیدا می‌کند. علاوه بر این، بسیاری از مواد آلی با کانی‌های مغذی، ترکیبات پیچیده‌ای می‌سازند که به‌مقدار بیشتری جذب گیاهان می‌شوند.

در تجزیه هوموس سه مرحله مشخص زیر وجود دارند:

۱. خرد شدن مواد آلی بر اثر اعمال فیزیکی و زیستی.
۲. تولید نسبتاً سریع هوموس و عمل گندخواران در آزاد کردن مواد آلی قابل حل.
۳. معدنی شدن^۳ نسبتاً کند هوموس.

تجزیه سبب می‌شود که مواد آلی به مواد معدنی تبدیل شوند. چه بسا اگر همواره مواد معدنی به مواد آلی تبدیل شوند، چرخه مواد متوقف شده و با عمل تجزیه چرخه عناصر برقرار می‌شود. در ضمن عمل تجزیه، مواد آلی به محیط راه می‌یابند که صرف‌نظر از اینکه توسط سایر موجودات زنده اکوسیستم به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است اثرات عمیقی بر نمو سایر موجودات زنده اکوسیستم داشته باشند. مواد مزبور به اسامی مختلفی مانند هورمون‌های خارجی یا محیطی^۴، اکتوکرین^۵ و اگزوکرین^۶ معروف‌اند. کار این مواد تنظیم کردن جمعیت بعضی از گونه‌هاست. این مواد ممکن است خاصیت بازدارندگی^۷ (مثل آنتی‌بیوتیک پنسیلین که از قارچ تولید می‌شود) و یا تحریک‌کنندگی^۸ (مثل ویتامین‌ها یا مواد نموی مختلف از قبیل ویتامین B₁₂ و بیوتین و هستیدین و اوراسیل و غیره) داشته باشند. اهمیت دیگر تجزیه در فراهم کردن مواد غذایی گونه‌هایی است که اگر این فرایند نبود، محکوم به فنا بودند.

1. Humus or humic substances

2. Deoxygenase enzymes

3. Mineralization

4. Environmental Hormone

5. Ectocrine

6. Exocrine

7. Inhibitory

8. Stimulatory

انسان در حال حاضر عمدتاً به دو طریق بر سرعت تجزیه افزوده است: (۱) از طریق سوزاندن مواد آلی که به وسیله سوخت‌های فسیلی حاصل می‌شود و (۲) به وسیله عملیات کشاورزی. انسان با مصرف سوخت‌های فسیلی بر میزان دی‌اکسیدکربن جو می‌افزاید و این افزایش دی‌اکسیدکربن هرچند که نسبت به دی‌اکسیدکربن کل جو ناچیز است، اما تأثیر آن محسوس شده است. اقلیم‌شناسان به‌طور کلی، توافق دارند که تغییرات نسبتاً محدود CO_2 جو ممکن است اثرات عمده‌ای بر اقلیم داشته باشد.

گاز کرینیک در برابر انرژی نورهای مرئی که از خورشید می‌رسد شفاف است ولی همانند شیشه، انرژی با طول‌موج‌های مادون قرمزی را که از سطح خاک منعکس می‌شود، جذب می‌کند و باعث افزایش دمای محیطی می‌گردد؛ یعنی اثر گلخانه‌ای^۱ ایجاد می‌نماید. افزایش دمای محیط ممکن است اثراتی در سایر جنبه‌های محیط داشته باشد. مثلاً آب‌شدن لایه‌های عظیم یخ‌های قطبی و بروز اقلیم‌های حاره‌ایی که پس از آن سرتاسر زمین را فرا می‌گیرد. ولی مهمترین آثارش افزایش دما می‌باشد. تخمین زده شده است که اگر تمام قطب جنوب آب شود دریا‌های جهان در مدت کوتاهی معادل حدود ۴۰۰ سال، چهارصد فوت بالا می‌آید و برای انسان مشکلاتی به‌همراه خواهد داشت. انسان همچنین با عملیات کشاورزی مختلف مثل سوزاندن، باعث افزایش سرعت تجزیه می‌شود. دادن کودهای شیمیایی و عدم دادن کودهای آلی سبب اتمام تدریجی مواد آلی خاک می‌شود.

ثبات در اکوسیستم

ثبات در اکوسیستم

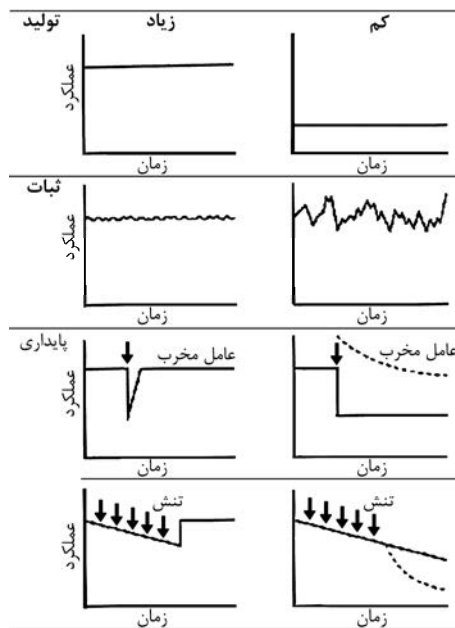
منظور از ثبات^۱ حفظ تعادل است. به طور کلی، اکوسیستم مانند جمعیت و موجودات زنده می تواند از خودنگهداری^۲ یا خودتنظیمی^۳ برخوردار باشد؛ یعنی از طریق مکانیسم هایی تعادل برقرار نماید. کلمه ثبات با واژه پایداری^۴ همان گونه که در شکل ۱-۴ نشان داده شده است یکسان نمی باشد. بی ثباتی نوسانات نه چندان بزرگی است که ممکن است در یک اکوسیستم اتفاق بیافتد اما عدم پایداری تغییرات نسبتاً بزرگی هستند که عموماً در سیستم های مصنوعی در اثر دستکاری های انسان ایجاد می شوند. به دلیل تأثیرات مخربی که ناپایداری سیستم ها به همراه دارند بحث پایداری امروزه مورد توجه متخصصین علوم مختلف قرار گرفته است. سیرنیتیک^۵ یا دانش لگام شناسی مورد استفاده در بوم شناسی است. به خصوص در شرایط فعلی که انسان روز به روز نظام های طبیعت را بیشتر به هم زده و مکانیسم های مصنوعی ثبات را به جای مکانیسم های طبیعی جایگزین کرده است.

واژه هومئواستازی^۶ به معنای ثبات، به حالتی گفته می شود که در آن سیستم های زنده در برابر تغییر ایستادگی می کنند و به سوی تعادل پیش می روند. به عبارت دیگر، هر سیستمی که در برابر متغیرها تغییر نشان ندهد سیستم باثباتی است. از نظر اکولوژیکی سیستمی باثبات است که در طول زمان از نظر ساختمان و عمل تغییر مهمی در آن ایجاد نکرده. برای مثال، وقتی یک سیستم به حالت تعادل می رسد بین زاد و ولد جمعیت ها و مرگ و میر جمعیت های آن تعادل برقرار می شود. بین ورود مواد و خروج مواد تعادل برقرار می شود. بین ورود و خروج انرژی تعادل برقرار می شود. بین مهاجرت به داخل و به خارج تعادل برقرار می شود.

در یک سیستم باثبات چنانچه عواملی سبب خارج شدن سیستم از حالت تعادلی گردد، مکانیسم های خاص برقرار کننده تعادل یا مکانیسم های خودتنظیمی وجود دارند تا سیستم را به حالت تعادل اولیه برگردانند. اصطلاحاً به این مکانیسم های خودتنظیمی که در سطوح مختلف حیات وجود دارند مکانیسم های

1. Stability
3. Self-regulation
5. Cybernetics (Kybernetes = Pilot or governor)

2. Self-maintenance
4. Sustainability
6. Homeostasis (Homo=same, stasis=standing)



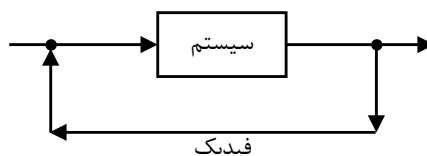
شکل ۴-۱ مقایسه ثبات و پایداری.

هومئوستازی می گویند. مکانیسم هومئوستازی یا مکانیسم های ثبات از طریق مدارهای پس خور یا مدارهای فیدبکی^۱ تعادل را برقرار می کنند. منظور از مدار فیدبک، مداری است که از صادرات سیستم استفاده شود برای اینکه واردات به سیستم و در نتیجه صادرات آینده سیستم کنترل شود. به عبارت دیگر، لگام وقتی صورت می گیرد که فیدبک انجام شود. یعنی تمام یا قسمتی از جریان خروجی از مولد به عنوان فیدبک مورد استفاده قرار گیرد.

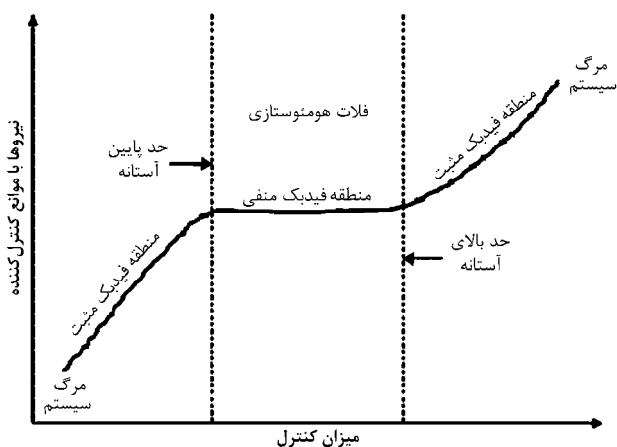
مدارهای فیدبکی به دو دسته تقسیم می شوند:

۱. فیدبک های منفی^۲

۲. فیدبک های مثبت^۳



شکل ۴-۲ شمایی ساده از رابطه سیستم و فیدبک.

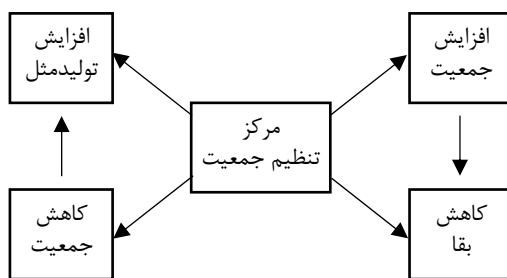


شکل ۳-۴ نمودار نشان‌دهنده رابطه فیدبک‌های مثبت و منفی در کنترل سیستم.

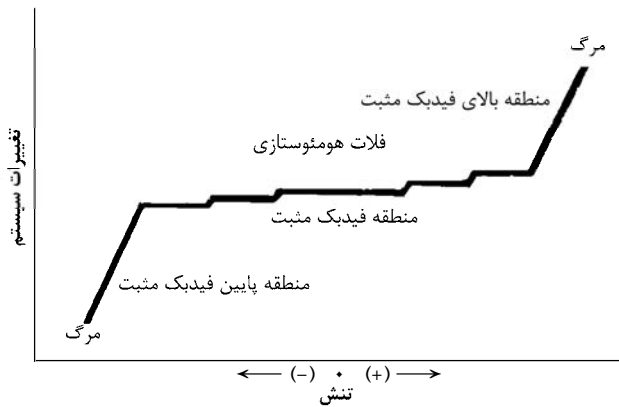
فیدبک‌های منفی فیدبک‌هایی هستند که مانع هرگونه انحراف از نقطه تعادل برای سیستم می‌شوند. یعنی همیشه می‌خواهند سیستم در حال تعادل باشد.

به عنوان مثال، چنانچه به دلایلی درجه حرارت بدن شروع به افزایش نماید یعنی سیستم بدن دچار فیدبک مثبت شده باشد، بایستی به کمک فیدبک‌های منفی درجه حرارت بدن دوباره به حالت تعادل طبیعی قبلی برگردد. اگر دمای بدن بیش از دمای تعادل افزایش یابد، فیدبک‌های منفی مثل تعرق، کاهش تولید انرژی، انقباض رگ‌ها و غیره شروع به فعالیت نموده و دما را به حالت تعادل برمی‌گردانند. طبیعی است اگر فیدبک‌های منفی عمل نموده و نتوانند سیستم را به حالت تعادل برگردانند مرگ پیش می‌آید و می‌گوییم سیستم دچار فیدبک مثبت شده است. برعکس، اگر درجه حرارت بدن از دمای تعادل پایین‌تر بیاید فیدبک‌های منفی مثل لرزیدن، انقباض رگ‌ها، افزایش میزان تولید انرژی و غیره وارد عمل شده و دما را به حالت تعادل می‌رسانند، در غیر این صورت سیستمی که دچار این فیدبک مثبت شده نابود خواهد شد.

چنین روابط فیدبکی را در مورد تنظیم جمعیت می‌توان در قالب شکل ۴-۴ نشان داد.



شکل ۴-۴ روابط تنظیم جمعیت.



شکل ۴-۵ نمودار فلات همئوستازی.

مثال دیگر درمورد مراتع است. اگر یک سال مراتع خوب باشد در نتیجه جمعیت چرندگان زیاد خواهد شد. ولی وقتی جمعیت زیاد شد، در حالت طبیعی فیدبک‌های منفی مثل بیماری‌ها، شکارچی‌ها و غیره زیاد و سبب کم شدن جمعیت گیاهخواران می‌شوند.

دامنه عمل فیدبک‌های منفی برای هر سیستمی محدود است و فیدبک‌های منفی بیشتر یا کمتر از آن حد نمی‌توانند عمل کنند (شکل ۴-۵). اصطلاحاً به محدوده‌ای از یک متغیر که در آن فیدبک‌های منفی می‌توانند عمل کنند و مفید واقع شوند فلات همئوستازی می‌گویند.

به عنوان مثال، درمورد مثال قبلی مربوط به دمای بدن، فیدبک‌های منفی ممکن است مثلاً تا 42°C بتوانند عمل کنند و از آن به بالا مرگ پیش آید. در شکل ۴-۵ سطح ثبات به صورت پلکان نشان داده شده است. زیرا هرچه بر میزان تنش افزوده شود، چه بسا که سیستم نتواند در همان سطح قبلی تعادل را برقرار نماید و فیدبک‌های منفی در یک سطح جدیدی تعادل را برقرار نمایند و سیستم نتواند به سطح قبلی برگردد.

انسان به دلیل قدرت تغییر دادن اعمال اکوسیستم‌ها، مقام مقتدرترین موجود زنده را احراز کرده است. نقش انسان به عنوان عامل زورمند جغرافیایی تا آن حد اهمیت پیدا کرده است که ورنادسکی^۱ در سال ۱۹۴۵ واژه نوئوسفر^۲ (از ریشه یونانی نوئوس^۳ به معنی فکر) به معنای کلی کره‌یی تحت استیلای فکر بشر، را پیشنهاد و پیشگویی کرده است که کره مزبور به تدریج جای کره زنده (بیوسفر) - که بر اثر اعمال تکامل تدریجی طبیعت بیلیون‌ها سال دوام یافته است، خواهد نشست.

انسان به افراط دستخوش فیدبک مثبت قرار گرفته است و لاجرم باید مورد فیدبک منفی واقع شود. با اقدامات روشنفکرانه ما، طبیعت خواهد توانست احتیاجات انسان را برآورده نماید و با مواد زائدی که انسان تولید می‌کند به نبرد برخیزد.

1. Vernadsky
2. Noosphere
3. Noos=mind

نظریه‌ای به نام نظریه گایا^۱ توسط جیمز لاواک^۲ مطرح و مورد توجه بسیاری از دانشمندان قرار گرفته است. "حیات زمینی (یعنی موجودات زنده کره زمین یا همان بیوسنوزها)، محیط زیست خود را در جهت بهبود بیشتر آن برای حیات خود دستکاری می‌کنند." مثلاً برخی معتقدند که جلبک‌های تک‌سلولی نزدیک سطح ساکن آب اقیانوس‌ها مقدار گاز کربنیک موجود در آتمسفر را فعالانه کنترل می‌کنند و در کنترل اقلیم کره زمین نقش دارند. کره زمین مانند یک موجود زنده بزرگ قادر به اداره و تداوم خویش است. نظریه گایا در واقع مجموعه‌ای از فرضیه‌هاست:

۱. حیات بر محیط زیست زمین آثار عمده‌ای می‌گذارد.
۲. آثار حیات در جهت بهبود محیط برای خود حیات است.
۳. کنترل‌کننده‌هایی وجود دارند که به‌طور آگاهانه‌ای، کنترل محیط زیست کره زمین را در اختیار دارند.

بیوم‌ها

به‌طور کلی، جغرافیای گیاهی براساس عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به رژیم‌های مختلف انرژی موجود تعیین گردیده است. اقلیم‌های مختلف در مناطق مشخص و متمایزی تشکیل شده که براساس نوع رویندگان‌شان قابل شناسایی هستند. گیاهان براساس بالانس حرارتی موجود در یک محیط، مکان خاصی را انتخاب می‌کنند که بسته به میزان آب موجود بقایشان به‌حداکثر برسد. به‌عنوان مثال، در محیط‌های بیابانی که در مناطق جنوب غربی قاره‌ها و در دامنه‌های کوه‌ها هستند، گیاهان متحمل به شرایط خشک رشد می‌کنند. برگ‌های کوچک و تحلیل‌رفته، اندام‌های ذخیره‌کننده رطوبت و دفع‌کننده تشعشعات خورشیدی در گیاهان این مناطق وجود دارند و برعکس این ویژگی‌ها در گیاهان مناطق گرم و مرطوب دیده می‌شود. بنابراین، براساس نوع رویندگان هر منطقه نوع اقلیم آنجا را نیز می‌توان تا حدی تعیین کرد.

اولین نقشه اقلیمی^۱ یعنی طبقه‌بندی کوپن^۲ از اقلیم‌ها براساس نقشه رویندگان^۳ تهیه گردید. کوپن براساس این فرضیه که توزیع رویندگان در پاسخ به شرایط اقلیمی می‌باشد به‌منظور تهیه نقشه اقلیم‌ها، نقشه گیاهان کره زمین را تهیه کرد. این تشکیلات گیاهی بزرگ چیزی است که ما آن را بیوم^۴ می‌نامیم. بیوم‌ها شاخص‌هایی از تقسیمات جوامع عمده دنیا هستند که در شرایط اقلیمی خاصی ایجاد شده‌اند. نوع گونه‌های موجودات زنده اجتماع بستگی به شرایط محلی و منطقه‌ای دارد. ساختار فیزیکی و بیولوژیکی جامعه در پاسخ به شرایطی مانند رطوبت، ارتفاع و نوع خاک تغییر می‌نماید که این نوع از تغییرات به‌عنوان “منطقه‌بندی”^۵ شناخته شده است. تغییر در نوع خاک می‌تواند منجر به ایجاد یک مرز مشخص بین گونه‌های موجود و در نتیجه جوامع موجود گردد هرچند که در خیلی از موارد این تغییرات در این گونه‌ها و جوامع تدریجی می‌باشند.

بیوم‌ها شامل مناطق بزرگی هستند که تقریباً از محیط‌های مشابهی تشکیل شده و به‌وسیله مناطق حاشیه‌ای یا اکوتون^۶ از هم جدا می‌شوند. نقشه‌های گیاهی الگوی ساده‌ای برای نشان‌دادن محدوده‌های بیوم‌ها هستند.

1. Climate map
2. Koppen classification
3. Vegetation maps
4. Biome
5. Zonation
6. Ecoton

محدوده‌های بیوم‌ها منعکس‌کننده دامنه بردباری گیاهان غالب (مانند درختان دولپه برگ‌پهن در پاسخ به درجه حرارت و آب قابل دسترس) می‌باشد.

اکولوژیست‌ها برای تعیین مرزهای طبیعی بین مناطق مختلف، از مرزهای قراردادی که معمولاً بین کشورها یا استان‌ها و شهرستان‌ها در داخل هر کشور وجود دارند پیروی نمی‌کنند. آنان هر منطقه‌ای را که دارای ویژگی‌های خاص خود باشد. به عبارت دیگر، جوامع موجود در شرایط آب‌وهوایی خاص و مشابه را بیوم نامیده و مورد بررسی قرار می‌دهند. پس به مجموعه اکوسیستم‌های مشابه بیوم گفته می‌شود و بیوم بزرگترین واحد جامعه خشکی است که به راحتی قابل تشخیص می‌باشد. به عنوان مثال، اکوسیستم بیابان مرکزی ایران، اکوسیستم بیابان لوت و سایر اکوسیستم‌های بیابانی مجموعاً بیوم بیابان نامیده می‌شوند. خشکی‌های کره زمین به چند بیوم تقسیم می‌شوند و بنابراین برای اینکه بیوم قابل مطالعه باشد آن را به چندین جامعه تقسیم و مطالعه می‌نمایند.

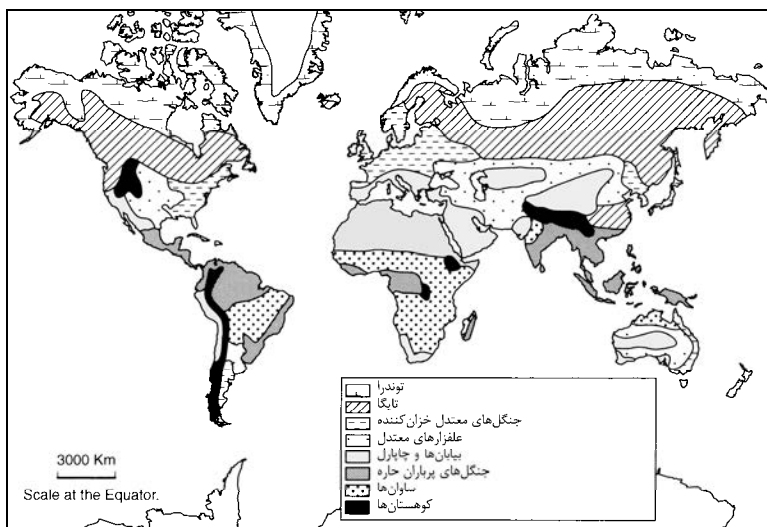
در هر جامعه می‌توان چندین سینوزی^۱ تشخیص داد. سینوزی درحقیقت قطعه‌ای کوچک از جامعه است و به عبارتی سینوزی واحد بررسی جامعه است. واحدهای کوچکتر از سینوزی شامل بیوکوریون^۲، استرات^۳ و مروتوپ^۴ (عنصر ساختاری) هستند. بررسی هر بیوسنوز یا هر جامعه در محور افقی بیوکوریون نامیده می‌شود و موجودات زنده‌ای که در این بعد دیده می‌شوند کوریوسنوز^۵ گفته می‌شوند. بررسی هر بیوسنوز یا هر جامعه در بعد عمودی (از سطح زمین تا بالای تاج پوشش)، استرات (اشکوب) نامیده می‌شود و موجودات زنده‌ای که این بعد را اشغال می‌کنند، استراتوسنوز^۶ نامیده می‌شوند. مروتوپ درحقیقت با یک برگ یا یک میوه یا یک سنگ کوچک و یا اندام‌های گیاهی کوچک مطابقت دارد و موجودات زنده‌ای که در یک مروتوپ جای دارند، مروسنوز^۷ نام دارند. به عنوان مثال، سنگی که در یک رودخانه افتاده مروتوپ و موجودات زنده‌ای که در روی سنگ هستند مروسنوز می‌باشند.

انواع بیوم‌ها

مهمترین بیوم‌های جهان عبارت‌اند از:

- توندرا^۸
- تایگاه یا جنگل‌های سوزنی‌برگان^۹
- جنگل‌های سوزنی‌برگ شمالی^{۱۰}
- جنگل‌های سوزنی‌برگ نواحی معتدل (مرطوب)^۱

1. Synusies
 2. Biocurion
 3. Strat
 4. Merotop
 5. Curiocenose
 6. Stratocenose
 7. Merocenose
 8. Tundra
 9. Taiga or coniferous forest Biomes
 10. Northern coniferous forest Biomes



شکل ۵-۱ نقشه پراکندگی بیوم‌ها در سطح جهان.

- جنگل‌های معتدل خزان‌کننده^۲

- علفزارهای معتدله^۳

- بیابان‌ها (کوير)^۴

- جنگل‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز نیمه‌حاره^۵

- جنگل‌های بارانی مناطق استوایی یا جنگل‌های پرباران حاره‌ای^۶

- ساوانای استوایی^۷

- کوهستان‌ها

- چاپارل^۸

پنج بیوم عمده ایران عبارت‌اند از:

- بیوم جنگل‌های برگ‌ریز (برگ‌پهن)

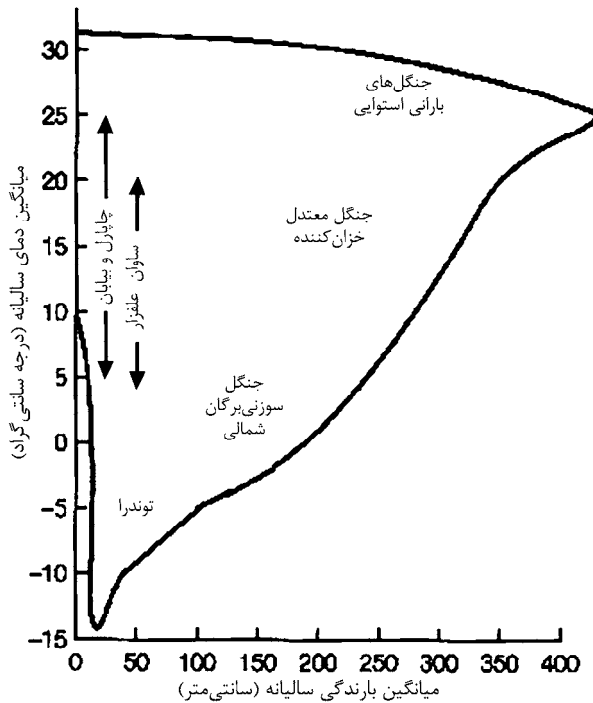
- بیوم علفزار

- بیوم جنگل‌های بلوط

- بیوم نیمه‌گرمسیری و گرمسیری

- بیوم بیابانی

1. Mesothermal coniferous forest Biomes
2. Temperate Deciduous forest Biomes
3. Grassland
4. Desert Biomes
5. Broad leaved evergreen subtropical forest biomes
6. Tropical Rain forest Biomes
7. Tropical Savana Biomes
8. Chaparral Biomes



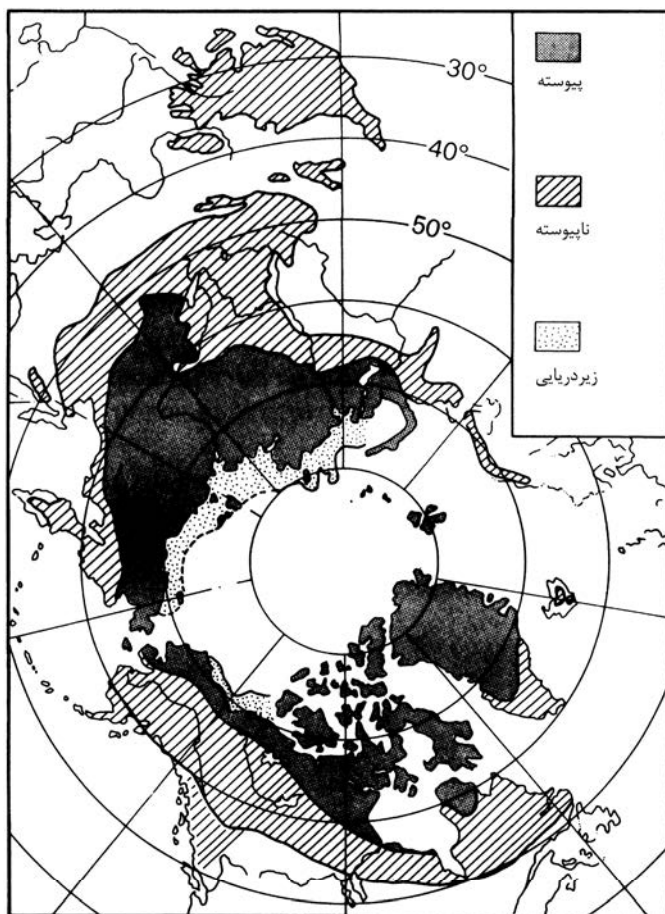
شکل ۲-۵. پراکندگی برخی از بیوم‌های اصلی خشکی‌ها در ارتباط با میانگین بارندگی و دمای سالیانه.

هر کدام از بیوم‌ها ویژگی‌های منحصربه‌خود را دارند که به تفکیک در مورد آنها توضیح داده خواهد شد. برای مثال می‌توان از لحاظ بارندگی آنها را با هم مقایسه کرد (شکل ۲-۵).

بیوم توندرا

توندرا منطقه وسیعی در حدود ۳ میلیون هکتار در قطب شمال و نواحی اطراف آن می‌باشد. در نواحی توندرا درجه حرارت پایین و فصل رشد کوتاه در حدود ۶۰ روز می‌باشد. دو نوع توندرا قطبی^۱ و توندرای آلپی^۲ وجود دارند. توندرای قطبی نواحی بین اقیانوس منجمد شمالی و کوه‌های یخی قطبی در شمال تا جنگل‌های سوزنی‌برگان را فرا گرفته است. در توندرای قطبی در اکثر مواقع سال درجه حرارت کمتر از حدی است که برای رشد گیاهان لازم است. میزان بارندگی بسیار کم (معمولاً کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر) بوده که به صورت برف می‌بارد. با این حال، به دلیل تبخیر و تعرق کم، آب عامل محدودکننده‌ای برای موجودات زنده این مناطق نمی‌باشد. توندرا در مناطقی است که درجه حرارت پایین و فصل رشد کوتاه از ایجاد یا توسعه جنگل جلوگیری می‌کند. در توندرا زمین بجز چندین سانتی‌متری سطح خاک که در فصول گرم سال یخ‌زده

1. Arctic tundra
2. Alpine tundra



شکل ۳-۵ پراکندگی سه نوع پرمافراست.

نمی‌باشد در سایر موارد در تمام سال یخ‌زده باقی می‌ماند. لایه‌های داخلی خاک که به‌طور دائمی در تمام سال یخ‌زده باقی می‌مانند و پرمافراست^۱ نامیده می‌شوند تولید کم و فعالیت میکروبی محدودی دارند؛ با این حال از تنوع گونه‌ای نسبتاً بالایی برخوردارند. پرمافراست ممکن است پیوسته، ناپیوسته و زیردریایی باشد (شکل ۳-۵).

توندرای آلپی که به‌نام مناطق شبه‌توندرای نیز گفته می‌شود شامل مناطقی است که از نظر اکولوژیکی مشابه توندرای قطبی هستند و به‌صورت پراکنده در مناطقی مثل ارتفاعات بالای کوه‌ها نیز ممکن است مشاهده شوند. مناطق شبه‌توندرای^۲ معمولاً در ارتفاعات بسیار بلند در نواحی معتدل قرار دارند. برف این مناطق اغلب بیشتر از برف توندرای قطبی است. لایه پرمافراست یا لایه‌ای که در تمام طول سال یخ‌زده باشد وجود ندارد.

1. Permafrost

2. Alpine Tundra

توندر را به عنوان یک علفزار قطبی می‌باشد که پوشش گیاهی آنرا گل‌سنگ‌ها، گیاهان علفی پاکوتاه و گیاهان چوبی خیلی کوچک مانند *Carex spp.* تشکیل می‌دهند. فاقد گونه‌های درختی است و گونه‌های محدودی از درختچه‌ای‌ها مانند بید علفی (*Salix herbaceae*) و توس پاکوتاه (*Betula nana*) ممکن است دیده شوند که احتمال دارد پوشیده از خزه باشند. گل‌سنگ‌ها، خزه‌ها و علف‌های چمنی از پوشش‌های گیاهی غالب توندرا هستند. جوانه‌های رویشی گیاهان توندرا در زیر خاک و یا در سطح خاک بوده که با پوشش خاک و یا برف در طی زمستان حفظ و در بهار مجدداً تولید گیاه جدید می‌نمایند.

از حیوانات خون‌گرم ناحیه توندرا می‌توان گوزن شمالی (*Rangifer caribou*)، موش شمالی، خرگوش قطبی، روباه قطبی و غیره را نام برد. زنجیره‌های غذایی در توندرا کوتاه هستند و به این دلیل تحقیقات دامنه‌داری در زمینه مواد رادیواکتیو در این مناطق انجام شده است. از مشخصات زندگی در توندرا، نوسانات دوره‌ای در جمعیت موجودات زنده این نواحی می‌باشد.

به دلیل دمای پایین مناطق توندرا، تجزیه مواد زاید با کندی انجام می‌شود. در صورت هرگونه تداخلی، بازایی رویندگان و خاک توندرا بسیار با کندی صورت خواهد گرفت. به دنبال جستجو برای یافتن نفت و حرکت وسایل حمل‌ونقل و دیگر دستکاری‌های انسان در مناطق توندرا، گیاهان زیادی از بین رفته و فرسایش خاک اتفاق می‌افتد به طوری که در برخی از این مناطق بخشی از لایه پرمافراست ذوب گردیده است. با عبور وسیله نقلیه هدایت حرارتی در خاک‌های پیت افزایش یافته به طوری که حتی ممکن است آب در سطح خاک جریان یابد. همچنین رهاشدن نفت خام در محیط برای بسیاری از موجودات زنده این مناطق مهلک می‌باشد. این گونه دخالت‌های انسان باعث شده که امروزه حفاظت مناطق توندرا به صورت یکی از مشکلات زیست‌محیطی بین‌المللی مطرح گردد.

بیوم‌های جنگلی

شرایط محیطی که اجازه ایجاد و توسعه جنگل را می‌دهند بسیار متنوع بوده و رژیم‌های حرارتی و بارندگی متفاوت، جنگل‌های مختلفی را به وجود می‌آورند. جنگل سوزنی‌برگان شمالی که به عنوان تایگا^۱ نیز نامیده می‌شود در اقلیم‌های سرد و مناطق شمالی آمریکای شمالی، اروپا و آسیا و به سمت جنوب در ارتفاعات بالا گسترش یافته‌اند. جنگل‌های معتدله در مناطق جنوبی‌تر در اروپای غربی و مرکزی و شرق آسیا و شرق آمریکای شمالی دیده می‌شوند. مناطقی که درجه حرارت و بارندگی بالاتری دارند جنگل‌های بارانی حاره‌ای توسعه یافته که تشکیل کمربند استوایی در شمال آمریکای جنوبی، آمریکای مرکزی، مناطق استوایی آفریقای مرکزی و غربی، جنوب شرق آسیا و در جزایر مختلفی از اقیانوس‌های هند و آرام دیده می‌شوند.

بیوم‌های جنگلی مناطق وسیعی را دربر گرفته و در شرایط اقلیمی و خاکی مختلفی ایجاد می‌شوند. جنگل‌های سوزنی‌برگان در زمستان‌های سرد و طولانی با بارندگی کم در زمستان و بارندگی بیشتر در

1. Coniferous Forest (Taiga)

تابستان تشکیل شده‌اند. آب اغلب محدودکننده است زیرا بارندگی‌ها بیشتر به صورت برف صورت گرفته و لایه پرمافراست به طور وسیعی تشکیل می‌شود. خاک اسیدی و غنی از هوموس بوده و لایه مواد بقایا عمیق است زیرا برودت هوا فعالیت میکروب‌ها و ارگانسیم‌هایی که عمل تجزیه را انجام دهند را کاهش می‌دهد. درجه حرارت در طی زمستان اغلب پایین‌تر از دمای یخبندان است و بارندگی بین ۱۹۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر می‌باشد؛ خاک‌ها اغلب به خوبی توسعه و غنی از مواد غذایی می‌باشد.

در جنگل‌های حاره‌ای اقلیم بدون فصل بوده و میانگین درجه حرارت سالیانه حدود 28°C می‌باشد. بارندگی‌ها سنگین و فراوان با متوسط سالانه بیش از ۲۲۰ میلی‌متر می‌باشد. باران‌های سنگین خاک را اشباع و اسیدی می‌نماید. فعالیت میکروبی و چرخشی مواد بسیار سریع اتفاق می‌افتد و ذخیره مواد غذایی خاک ضعیف می‌باشد.

جنگل‌ها دارای تولید خالص اولیه و بیوماس بالایی هستند. جنگل‌های شمالی عموماً شامل گونه‌های درختان سوزنی‌برگی بوده که تجزیه و تعریق حداقل را داشته و بافت‌هایشان در برابر خسارت یخبندان‌ها مقاوم‌اند. مهمترین گونه‌های گیاهی در جنگل‌های شمالی شامل *Picea spp.*, *Abies spp.*, *Larix spp.*, *Pinus spp.* و به میزان کمتری *Betula spp.* و *Populus spp.* هستند.

در جنگل‌های معتدله گیاهان برگ‌پهن، درختان دولپه‌ای مانند بلوط، افرا، گردوی امریکایی، زبان گنجشک و برخی از گونه‌های سوزنی‌برگان مانند کاج می‌باشند. درختچه‌ها و گیاهان علفی، خزه‌ها، گل‌سنگ‌ها و بریوفیت‌ها نیز در قسمت‌های پایین جنگل ممکن است دیده شوند.

گیاهانی مثل *Anemone nemorosa* و *Scilla nonscripta* نیز در برخی جنگل‌های معتدله دیده می‌شوند. در جنگل‌های حاره‌ای درختان مختلف متنوعی که به ارتفاع ۶۰ متری نیز می‌رسند دیده می‌شوند. درجه حرارت بالا و بارندگی زیاد شرایط را برای رشد گیاهان و تولید خالص به بیشترین مقدار در بیوم‌های خشکی فراهم کرده است. تنوع گونه‌ای گیاهان بسیار زیاد بوده که به دلیل سابقه طولانی این جنگل‌ها و محیط فیزیکی متنوع و کامل آنهاست. در جنگل‌های معتدله و شمالی پستانداران گیاهخوار مانند گوزن، گونه‌های شکارچی مانند گرگ‌ها، پرندگان و پستانداران کوچک حشرات مختلف دیده می‌شوند.

جنگل‌های بارانی حاره‌ای تنها ۷٪ سطح اراضی زمین را اشغال کرده‌اند اما حداقل نیمی از گونه‌های موجودات زنده محیط را در خود دارند. از بین بردن جنگل‌های بارانی حاره‌ای برای ایجاد اراضی کشاورزی و چراگاه‌ها منجر به کاهش تنوع و از بین رفتن خاک و افزایش فرسایش شده است. وجود تنوع گونه‌ای زیاد در این جنگل‌ها منبع جهانی بسیار باارزشی هستند که می‌توانند مورد استفاده انسان قرار گیرند. با این حال، جنگل‌های بارانی در برخی از مناطق در حال تخریب هستند.

جزیره ماداگاسکار یکی از غنی‌ترین مناطق در روی زمین از نظر تنوع گیاهی است که بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی بومی از گیاهان گلدار در آنجا وجود دارند. بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری در جنگل‌های بارانی سواحل شرقی در معرض نابودی هستند. بعضی از گونه‌های شاخص مانند *Raphus cucullatus* نابود شده‌اند.

قبل از اینکه در ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ سال قبل انسان شرق جزایر ماداگاسکار را اشغال نماید ۱۱/۲ میلیون هکتار از این مناطق توسط جنگل‌ها پوشیده شده بود. در سال ۱۹۵۰ تنها ۷/۶ میلیون هکتار و در سال ۱۹۸۵ تنها ۳/۸ میلیون هکتار (یعنی ۳۴٪ سطح اولیه) به صورت جنگل باقی مانده است. این تخریب جنگل‌ها در مناطقی که انسان زندگی می‌کند خیلی بیشتر اتفاق می‌افتد.

در کاستاریکا نیز به همین شکل جنگل‌زدایی اتفاق افتاده است. دلایل متعددی برای تخریب سریع جنگل‌های بارانی وجود دارند که عمدتاً فشار جمعیت و افزایش نیاز به زمین، چوب، کشت و کار زمین برای تولید برنج، کاسادا، ذرت و دیگر محصولات و تولیدات دامی و غذایی دام‌ها دلایل اصلی آن هستند. تبدیل جنگل به مزرعه به طور وسیعی در مناطق حاره‌ای و جنگل‌های بارانی اتفاق می‌افتد.

حتی در صورتی که زمین‌های کشاورزی برای مدتی رها شوند برای تشکیل مجدد جنگل حداقل ۲۰ سال زمان لازم است که اغلب بیش از زمانی است که فشار افزایش جمعیت اجازه این کار بدهد. از بین بردن جنگل‌های بارانی از طریق سوزاندن منجر به رهاسازی کربن و گرم شدن زمین خواهد شد. از دیگر مشکلات زیست‌محیطی مرتبط با بیوم جنگل‌ها مربوط به جنگل‌های معتدله در شمال اروپا می‌باشد که خسارت باران‌های اسیدی حاصل از آلودگی‌های صنعتی است. باران‌های اسیدی جنگل‌ها را تنک و به تدریج نابود می‌نمایند که باعث افزایش فرسایش و وقوع سیلاب‌های مخرب در این مناطق می‌گردد.

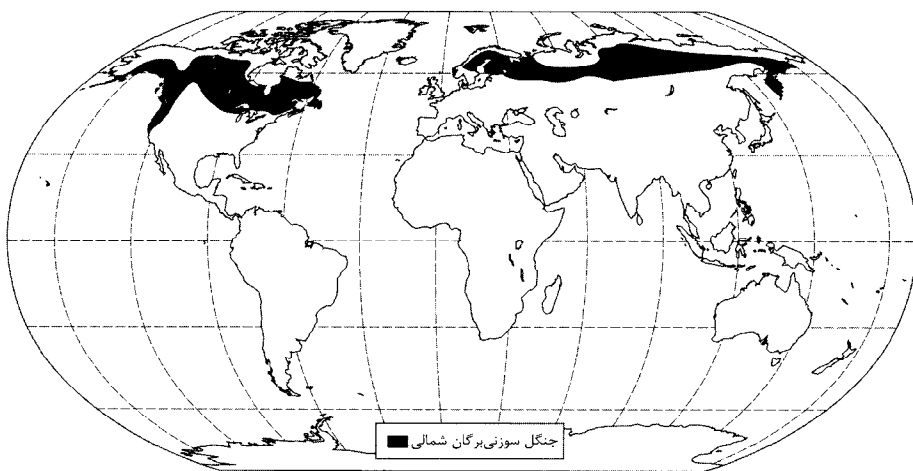
بیوم تایگا یا جنگل سوزنی‌برگ‌ان (شمالی و معتدل)

این بیوم‌ها عمدتاً شامل دو دسته جنگل یعنی جنگل‌های شمالی و جنگل‌های معتدل (جنوبی) هستند. در محدوده عرض جغرافیایی ۵۰ تا ۶۵ درجه شمالی قرار دارند و تقریباً ۱۱٪ سطح خشکی‌های کره زمین را به خود اختصاص می‌دهند.

جنگل‌های سوزنی‌برگ شمالی، جنگل‌های سرسبزی هستند که در جنوب توندرا در نیمکره شمالی قرار دارند. به خصوص درختانی مانند صنوبر و کاج در تمام طول سال منطقه را پوشانده است. به دلیل وجود سایه در تمام طول سال، رشد درختچه‌ای و علفی کم است. با وجود پایین بودن دما در تمام سال عمل فتوسنتز انجام و میزان تولید بسیار زیاد است. فصل رویش ۶-۳ ماه است و زمستان بی‌نهایت سرد و حداقل در نیمی از سال یخبندان وجود دارد. قسمت اعظم الوار جهان از این بیوم به دست می‌آید. تنوع اقلیمی در این مناطق زیاد است، به طوری که جنگل‌هایی که در روسیه و مرکز سیبری قرار گرفته است، دارای تغییرات دمایی از 70°C - در زمستان تا 30°C در تابستان هستند.

جنگل‌های سوزنی‌برگ نواحی معتدل (مرطوب) در طول سواحل غربی امریکای جنوبی و کالیفرنیا مرکزی تا آلاسکا کشیده شده است. درجه حرارت در آنجا بالاتر و تغییرات فصلی کمتر و رطوبت بسیار زیاد است. این جنگل‌ها گاهی به نام جنگل‌های بارانی منطقه معتدله^۱ نیز نامیده می‌شوند. همچنین جنگل‌هایی که

1. Temperate Rain Forest

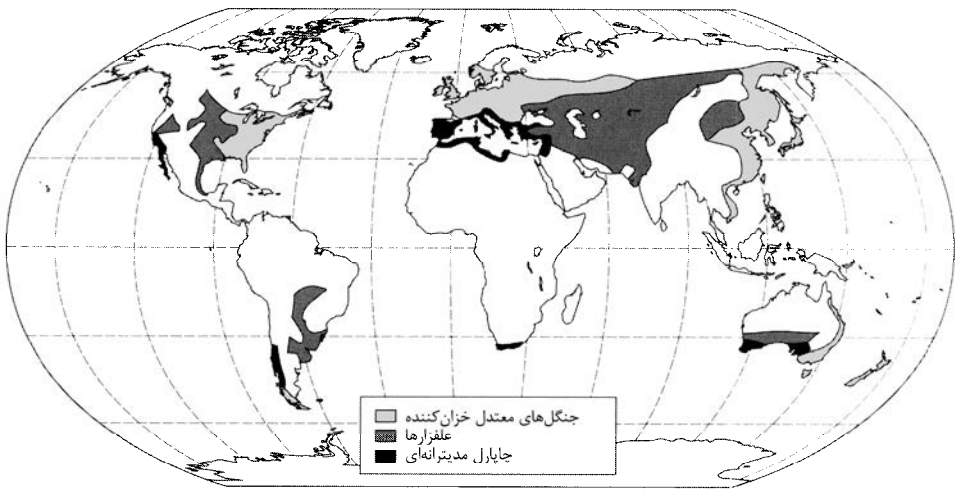


شکل ۴-۵ پراکندگی بیوم جنگل سوزنی‌برگان شمالی در سطح کره زمین.

در سوئد کنار دریای بالتیک قرار گرفته‌اند، از اقلیم معتدلی برخوردار هستند. در این مناطق درجه حرارت متوسط گرمترین ماههای سال بیش از 10°C است و فصل رشد تقریباً تا ۴ ماه ادامه می‌یابد. به‌طور کلی، آب‌وهوای سرد و فصل رشد کوتاه عمده ویژگی آن است. بارندگی سالیانه بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر است. خاک حاصلخیزی پایینی داشته و خاصیت اسیدی دارد. سوزنی‌برگانی همچون انواع کاج، نراد، صنوبر و لاریکس به‌صورت متراکم در آن می‌رویند. به‌طوری‌که رفت‌وآمد بین آنها دشوار بوده و حتی رشد گیاهان در لایه‌های پایینی محدود و تنک هستند و محدود به درختچه‌هایی مثل برگ‌بو و بید و بعد از آن گیاهان علفی مانند آلاله می‌باشند. حیوانات مانند گوزن، گرگ، خرس، سنجاب، خرگوش، روباه، عقاب و جغد در آن به‌چشم می‌خورند. لازم به‌ذکر است که بسیاری از حشرات و پرندگان مهاجر را نیز می‌توان در این مناطق رؤیت کرد. ولی خزندگان و دوزیستان در این بیوم ندارند.

بیوم جنگل‌های معتدل خزان‌کننده

مناطق شمال شرقی آمریکا، تمام اروپا، قسمتی از ژاپن و آسیا، استرالیا و رأس آمریکای جنوبی را این نوع بیوم فرا گرفته است. عمدتاً بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۵۵ درجه قرار گرفته‌اند. تمرکز آنها در محدوده ۴۰ تا ۵۰ درجه است. در مناطقی که تنش حرارتی در آنجا وجود ندارد و فصل‌های سال به‌طور کامل و منظم است، این جنگل‌ها به‌راحتی ظاهر می‌گردند. دارای بارندگی بین ۷۶۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر هستند. اشعه خورشید در این نقاط از جنگل‌های توندرا و تایگا بیشتر است. این بیوم چهار فصل متمایز دارد. در تابستان هوا بسیار گرم و در زمستان سرد می‌باشد (ولی سرما شدید نیست). از مناطق مهم دنیا به‌شمار می‌رود زیرا تمدن بشر در این مناطق توسعه و تغییرات بسیاری پیدا کرده است. بنابراین، چون بشر قرن‌های متمادی این بیوم را در تصرف



شکل ۵-۵ پراکنش جنگل‌های معتدل خزان‌کننده، علفزارها و چاپارل مدیترانه‌ای.

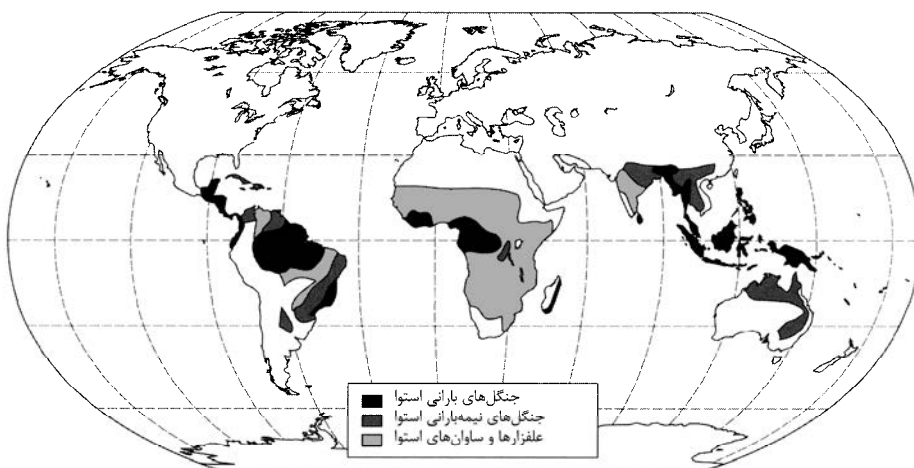
خود داشته است، خصوصیات گیاهی و جانوری آن از عصر یخبندان تاکنون تغییرات زیادی کرده است. درختان خزان‌داری مانند راش، بلوط، افرا، شاه‌بلوط، زبان گنجشک و شوکران در این بیوم‌ها می‌رویند. در اشکوب پایینی درختچه‌هایی مانند فندق و بید و گیاهان علفی مثل بنفشه و شقایق را می‌توان مشاهده کرد. درخت سکویا^۱ (عظیم‌الجثه‌ترین موجود زنده) در شمال غربی آمریکا و درختان عظیم‌الجثه اکالیپتوس (جنوب استرالیا) از بارزترین فلور گیاهی این مناطق هستند. جانوران متفاوتی مانند انواع گوزن، گراز، خرس، موش، روباه، دارکوب، سنجاب، خرگوش و انواع حلزون را می‌توان مشاهده کرد. حشرات متفاوتی به‌خصوص حشرات چوبخوار را می‌توان در این بیوم دید.

درمقایسه با جنگل‌های سوزنی‌برگ و جنگل‌های حاره، این بیوم از لحاظ میزان تولید، حالت حد وسط را دارد. یکی از ویژگی‌های جالب این مناطق بالا بودن میزان تجزیه در آن است که مربوط به شرایط اقلیمی مناسب برای فعالیت باکتری‌هاست. در نتیجه خاک‌ها غنی از املاح هستند. این خاک‌ها، آبشویی پایین دارند و اغلب خنثی یا قلیایی می‌باشند.

بیوم علفزارها

علفزارها مناطق حدواسط جنگل‌ها و بیابان‌ها هستند. برخلاف اکثر درختان که نیاز به بارندگی زیادی دارند علفزارها قادرند که در دوره‌های خشک نیز بقا یافته و حتی به تنش‌های آتش و چرا نیز سازگار شده‌اند. در علفزارها میزان بارندگی در حد متوسط بین مناطق جنگلی و بیابانی است. دو نوع اصلی چمن‌زارها بسته به درجه حرارت محیط وجود دارند که عبارت‌اند از علفزارهای حاره‌ای (ساوانا) و علفزارهای معتدله یا پامپاس.

1. Sequoias



شکل ۵-۶ پراکنش جنگل‌های بارانی، نیمه‌بارانی و علفزار و ساوان استوایی.

علفزارهای حاره‌ای یا ساوانا که ممکن است به صورت پراکنده در نقاط مختلف جهان وجود داشته باشد عمدتاً در آفریقا هستند اما در استرالیا، امریکای جنوبی و آسیای جنوبی نیز دیده می‌شوند. علفزارهای معتدله در مناطق وسیعی از اروپای شرقی و آسیا (استپ)، امریکای شمالی مرکزی (پرادی) و امریکای جنوبی (پامپاس) دیده می‌شوند. در علفزارهای حاره‌ای ممکن است تا ۱۲۰۰ میلی‌متر بارندگی در طی فصل مرطوب اتفاق بیافتد در حالی که در فصل خشک طولانی هیچ بارندگی ندارند. در طی فصل خشک احتمال بروز آتش‌سوزی زیاد است و در برخی از ساواناها هر ساله گیاهان در اثر آتش می‌سوزند. رطوبت پایین خاک در اکثر سال فعالیت‌های میکروبی را محدود کرده و بازیافت مواد غذایی را کاهش می‌دهد.

گیاهان متفاوت در ساوانا دیده می‌شوند. مانند *Baoba*, *Andropogon*, *Imperata*, *Penisetum*, *Acacia*، کاکتوس در امریکا، اکالیپتوس در استرالیا و نخل در آفریقا. گونه‌های جانوری آن شامل گورخر، زرافه، کرگدن، فیل، غزال، پلنگ، یوزپلنگ، کفتار، شیر، سگ‌های وحشی، شترمرغ در آفریقا، امو در استرالیا و ناندو در امریکاست. حشراتی مانند مورچه‌ها، عنکبوت‌ها و موریانه‌ها نیز در این مناطق قابل رؤیت هستند. ساوانا را می‌توان با توجه به تراکم درختان به ساوان‌های جنگلی، درختی و درختچه‌ای تقسیم کرد. ساوان جنگلی طبق نظر دانشمندان با توجه به سیستم پیچیده و متنوع و پایداری که داراست، جامعه کلیماکس می‌باشد. در بسیاری از مناطقی که شرایط خشک در درازمدت وجود دارد، استپ حاکم است. استپ در کره زمین به صورت نواری بین اوکراین و مغولستان قرار دارد و تا امریکای جنوبی نیز امتداد دارد. عمده‌ترین بیوم امریکای شمالی است. بارندگی این مناطق در محدوده ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر است.

گیاهان خانواده *Poaceae*، ویژگی بارز استپ هستند که عمدتاً شامل گونه‌های *Stipa*, *Andropogon*, *Koeleria* و *Festuca* می‌باشند. همچنین گیاهان گل‌داری مثل شقایق، زنبق، آلاله و انواع گیاهان وحشی را

می‌توان در این نقاط یافت. در استپ حدود ۶۵ تا ۹۵٪ تولید گیاهی در بخش‌های زیرزمینی گیاهان است. جانوران این مناطق شامل گرگ، موش، گاومیش وحشی، روباه، مارهای افعی و کبری، سگ‌های مرتعی و اسب‌های وحشی هستند.

میزان بارندگی استپ‌ها برای زراعت دیم کافی است. به‌همین دلیل میل انسان‌ها به این مناطق و تبدیل نمودن آنها به کشتزار، یکی از دلایل تخریب استپ‌ها می‌باشد.

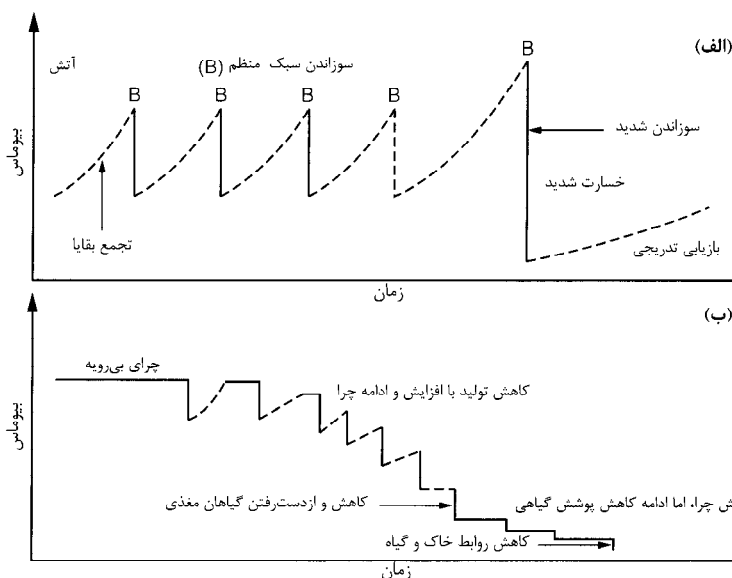
در شرایط گرمسیری ساوان‌ها وجود دارند. عمدتاً بین عرض‌های جغرافیایی ۱۰ تا ۲۰ درجه واقع شده‌اند. در قاره‌های آسیا، امریکا، استرالیا و آفریقا جای گرفته‌اند. متوسط بارندگی این مناطق ۴۰۰ میلی‌متر در سال است. دمای زیاد تابستان، باعث آتش‌سوزی در این مناطق می‌گردد و درختان جوان را نابود می‌کند. درحالی‌که نقاط جدیدی برای رشد گونه‌های جدید و مهاجم فراهم می‌نماید. ولی اکثر درختان و درختچه‌هایی که پوست ضخیم دارند، می‌توانند در برابر آتش مقاومت کنند.

در علفزارهای معتدله، خشکی متوسط با حدود ۶۰۰-۲۵۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه دارند اما مقدار آب قابل‌دسترس بستگی به درجه‌حرارت توزیع بارندگی در فصول مختلف و ظرفیت نگهداری آب و خاک دارد. اقلیم این مناطق قاره‌ای با تابستان‌های داغ و زمستان‌های سرد می‌باشد.

عمدتاً به‌دلیل اینکه گونه‌های علفزارها عمر کوتاهی دارند به خاک مواد آلی زیادی می‌دهند و ممکن است حتی به مقادیر ۱۰-۵ برابر هوموس بیشتری نسبت به خاک‌های جنگلی داشته باشند. این خاک‌های غنی از مواد آلی برای رشد گیاهان زراعی مانند ذرت و گندم بسیار مناسب بوده است. کمربند اصلی تولیدکننده غلات در امریکای شمالی و سوریه در مناطق علفزارها قرار گرفته است. عمده فرم‌های حیات غالباً گیاهی شامل علف‌های چندساله اعم از گونه‌های بلند و کوتاه‌قد می‌باشند. اغلب دارای گونه‌های درختی مثل اکاسیا نیز می‌باشند. حضور آکاسیاها از ویژگی‌های ساواناهای آفریقا است که با ایجاد سایه و میکروب‌های مناسب سبب جلب جانوران به علفزار می‌گردند.

علفزارها عموماً دارای تولید اولیه بالا، اما به‌دلیل فقدان گیاهان چوبی دائمی، بیوماس نسبتاً پایینی هستند. جوانه رشد گیاهان علفزارها در خاک و به‌دور از دسترس گیاهخواران است و چرا برای بقای علفزارها بسیار مفید است به‌طوری‌که اگر چرا متوقف شود ممکن است که گیاهان علفی علفزار به‌وسیله دولپه‌ای‌ها جایگزین شوند. چرای متوسط خوشخوراکی گیاهان علفزار را از طریق تحریک رشد جوانه‌ها برای تولید اندام‌های جوان و به‌تأخیر انداختن گلدهی بهبود می‌دهد. چرای متوسط همچنین تنوع گونه‌ها را افزایش داده از غالب شدن گونه‌های خاصی جلوگیری می‌کند. از جانوران علفزارها می‌توان حیوانات چراکننده مانند گورخر، بوفالو و نیز شیر و روباه و سگ‌های وحشی آفریقایی را نام برد.

از مهمترین مسائل زیست‌محیطی مرتبط با علفزارها می‌توان مسئله کاهش تولید علفزارها از طریق مصرف، همانند چراگاه‌ها، برای تولید بیشتر فراورده‌های دام‌هایی مثل گاو و گوسفند و بز را نام برد. چرای بی‌رویه منجر به تغییر ترکیب گونه‌ای علفزارها شده به‌طوری‌که گونه‌های خوشخوراک جای خود را به



شکل ۵-۷ عکس‌العمل علفزارهای ساوانا به سوزاندن و چرای بی‌رویه. (الف) سوزاندن سطحی در فواصل زمانی کوتاه امکان اینکه بیوماس دوباره به حالت قبل برگردد را فراهم می‌نماید. بازیابی تدریجی بعد از سوزاندن شدید. (ب) چرای شدید و بی‌رویه منجر به حذف تدریجی پوشش گیاهی، به هم خوردن بافت خاک و در نهایت از بین رفتن علفزار می‌گردد.

گونه‌های غیرخوشخوراک داده است. چرای بی‌رویه توسط دام‌های بزرگ منجر به افزایش رواناب و کاهش نفوذ آب در خاک شده که باعث تخریب خاک و فرسایش می‌شوند (شکل ۵-۷). این موضوع باعث افزایش بیابان‌زایی^۱ گردیده است. برنامه‌ریزی برای چرای مناسب و نیز تأمین علوفه دامداران و برنامه‌ی احیای مجدد علفزارها جزء موارد مفید در احیای علفزارها محسوب می‌گردند.

بیوم‌های بیابان (صحرا)، نیمه‌بیابان و بوته‌زارها

بیابان‌های گرم در عرض‌های جغرافیا 30° شمالی و 30° جنوبی یافت می‌شوند. بیابان‌ها نزدیک به ۲۰٪ سطح خشکی‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. عوامل محدودکننده زندگی مانند خشکی، حرارت بسیار بالا یا بسیار سرد و بادهای شدید در آن وجود دارند. مناطق بیابانی اصلی در شمال و جنوب غرب آفریقا (بیابان‌های ساهارا و نامیب^۲) قسمتی از خاورمیانه و آسیا (صحرای گبی^۳)، استرالیا، دشت مرکزی و جنوب غرب ایالات متحده و شمال مکزیک قرار گرفته‌اند. در جنوب آفریقا بادهای تجاری از اقیانوس هند بارندگی‌ها را به دامنه‌های سواحل شرقی منتقل می‌کند. بادهایی که از اقیانوس اطلس و فلات نامیبی در غرب می‌وزند بارندگی به همراه نداشته و در نتیجه نامیب بیابان گرم و خشکی است.

1. Desertification

2. Sahara and Nambib deserts

3. Gobi desert

اکوسیستم‌های نیمه‌بیابانی در مناطقی که کمتر خشک هستند ایجاد شده‌اند. پوشش‌های گیاهی نیمه‌بیابان گرم در سراسر جهان در اقلیم‌های گرم و خشک و حاره‌ای دیده می‌شوند. مناطق نیمه‌بیابانی سرد در قسمت‌هایی از آمریکای شمالی، آسیای مرکزی و مناطق کوهستانی که اقلیم برای علفزار خیلی خشک است تشکیل شده‌اند. بوته‌زارهای معتدل در سواحل دریای مدیترانه به‌عنوان ماکیز^۱ و در مناطق جنوب کالیفرنیا به‌نام چاپارال^۲ گفته می‌شوند. چاپارال و ماکیز در حدود ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر بارندگی داشته و یک دوره بدون باران در حدود ۴ ماه دارند، متوسط درجه‌حرارت در آنها ۱۰°C در زمستان تا ۲۵°C در تابستان است. توسعه خاک به‌دلیل فقدان رطوبت و آتش‌سوزی‌های فراوان معمولاً کم اتفاق می‌افتد.

بیابان‌ها کمتر از ۵۰ میلی‌متر در سال بارندگی غیرقابل‌پیش‌بینی دارند. بیابان معمولاً روزهای گرم و شب‌های سردی دارد. درجه‌حرارت روزانه بستگی به عرض جغرافیایی دارد. وجود پوشش گیاهی نادر و تولید کم به این معنی است که تجمع ماده آلی کم و خاک از نظر مواد غذایی ضعیف است. تغییرات حرارتی بسیار زیاد به‌دلیل خشکی هوا، نبودن عایق طبیعی و وجود ابرها، ایجاد می‌شود. به‌عنوان مثال، در صحرای آریزونا تفاوت دمای شب و روز به ۵۶°C می‌رسد. طبق اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در بیابان‌های گرم حداکثر حرارت روزانه نزدیک به ۶۰°C است. وزش باد شدید، تبخیر زیاد و تجمع نمک در لایه‌های سطحی از ویژگی‌های بارز آن است.

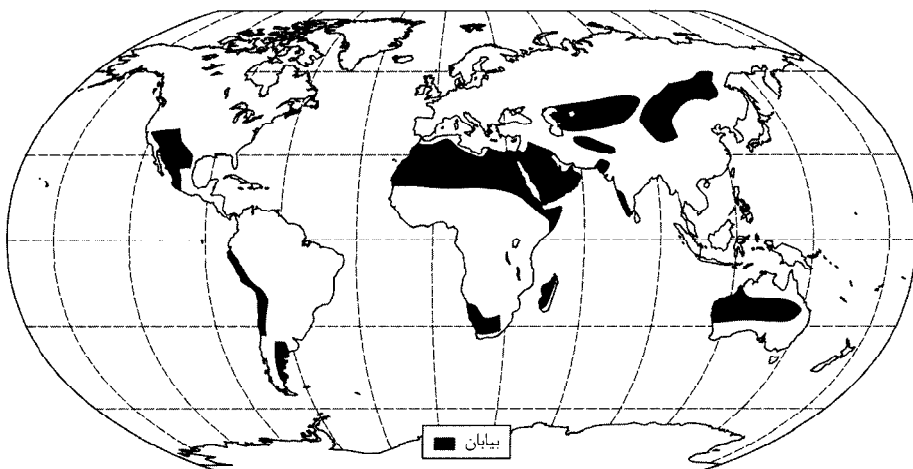
پوشش گیاهی بیابان عمدتاً شامل بوته‌ای‌های خاردار و پراکنده‌ای است که می‌توانند در شرایط خشک به خواب روند. گیاهان یک‌ساله بیابان بلافاصله پس از باران جوانه زده و دوره زندگی‌شان را به‌سرعت با گل‌دادن و تولید بذر تکمیل می‌کنند؛ به این دلیل به آنها گیاهان فرصت‌طلب و فرارکننده^۳ می‌گویند. ژئوفیت‌ها با تولید پیاز و کورم و نیز ساقه‌های گوشتی مانند کاکتوس‌ها در آمریکا و یا فرفیون‌ها در آفریقا قادر به تحمل دوره‌های خشکی هستند. آنها دارای کوتیکول ضخیم، روزنه‌های هوایی کارا و حجم اندام‌های هوایی کم برای کاهش ازدست‌دادن آب هستند. گیاهان همچنین ممکن است ریشه‌های بسیار عمیقی داشته تا قادر به استفاده از آب عمق خاک یا آب‌های زیرزمینی باشند.

پوشش گیاهی یا به‌صورت یک‌ساله سریع‌الرشد یا چندساله سازگار است. گیاهان CAM عمدتاً در این مناطق رؤیت می‌شوند. در بیابان‌های سرد جلبک‌های سبز و آبی و گل‌سنگ‌ها یک‌ساله‌های غالب می‌باشند. در چاپارال کالیفرنیا گونه‌هایی با برگ‌های کوچک، ضخیم و مقاوم به خشکی مانند *Quercus* و *Arctostaphylos* وجود دارند. این گیاهان در تابستان قابل شعله‌ور شدن هستند و آتش‌سوزی‌های طبیعی یکی از موارد علاقه اکولوژیست‌ها در این بیوم‌هاست. چنانچه هر ۱۲ سال یک‌بار این آتش‌سوزی‌ها اتفاق نیافتند گونه‌های مهاجر غیرمتحمل به آتش مانند *Prunus ilicifolia* و *Rhamnus crocea* عمل تهاجم را انجام خواهند داد.

1. Maquis

2. Chaparral

3. Opportunistic and ephemeral species



شکل ۵-۸ پراکندگی بیوم بیابان در سطح کره زمین.

از جانوران مهم بیابان می‌توان به مارها، خزندگان، جونندگان و حشرات که قادر به بقا در شرایط خشک هستند اشاره نمود. برخی از پستانداران مانند جونندگان روزخشی و شته نیز ممکن است بتوانند شرایط بیابان را تحمل کنند. به‌طور کلی، تنوع جانوری ضعیف است. قورباغه‌ها، وزغ‌ها، بندپایانی مانند عنکبوت و عقرب نیز در این مناطق یافت می‌شوند. جانوران بزرگ‌جثه مانند کفتارها را به‌طور محدود در بعضی مناطق می‌توان دید. مکانیسم جانوران برای زنده ماندن در این مناطق، عمدتاً تعرق و ادرار اندک یا غلیظ، زندگی زیر سنگ‌ها، بوته‌ها یا زیر خاک است. عمده گونه‌های این مناطق با توجه به کم بودن رقابت و دور بودن شکارچیان، گونه‌های نسبتاً قدیمی هستند.

در مناطق بیابانی ارتباط تولید و بارندگی تقریباً به‌صورت خطی است زیرا باران مهمترین عامل محدودکننده ریشه گیاهان در این مناطق است. در بیابان مجاور در کالیفرنیا وجود ۱۰۰ میلی‌متر بارندگی موجب ۶۰۰ کیلوگرم درهکتار تولید ناخالص می‌گردد و اگر میزان بارندگی ۲۰۰ میلی‌متر باشد تولید به ۱۰۰۰ کیلوگرم درهکتار می‌رسد. در بیابان‌های سردتر که از دست دادن آب در اثر تبخیر و تعرق کمتر است، ۲۰۰ میلی‌متر بارندگی موجب تولید ۲۰۰۰-۱۵۰۰ کیلوگرم درهکتار ماده خشک می‌گردد. چنین پتانسیلی از تولید در مناطق بیابانی وجود دارد که در صورت مناسب بودن خاک از طریق آبیاری می‌توان تولید خوبی داشت. با این حال، سؤال این است که آیا آبیاری بیابان می‌تواند از نظر پایداری مورد تأیید باشد.

مقادیر زیادی آب از خاک تبخیر شده و سبب آوردن املاح به سطح خاک خواهد شد به‌حدی که ممکن است برای رشد گیاهان سمی باشد که به این فرایند شورشدن^۱ گفته می‌شود. تغییر جهت رودخانه و خشکانیدن دریاچه‌ها برای استفاده در کشاورزی می‌تواند اثرات بسیار مخربی بر اکولوژی منطقه داشته باشد.

برای مثال، به دلیل انتقال آب برای آبیاری، دریاچه آرال ۹ متر کاهش یافته و پیش‌بینی شده است ۸-۹ متر دیگر نیز کاهش باید. مناطق ساحلی اطراف تقریباً به صورت بیابان درآمده و صنعت ماهیگیری به کلی در بسیاری از این مناطق نابود شده است.

برخلاف تصور اولیه که به نظر می‌رسد این بیوم استفاده ندارد و بی‌فایده است، کویر از نظر منابع زیستی به قدر کافی غنی بوده و حفاظت از آن همانند سایر اکوسیستم‌ها برای برپایی تنوع زیستی طبیعت ضروری است و سیستم‌های متحمل یا فرار از خشکی جالبی را در فلور گیاهی یا فون جانوری آن می‌توان یافت که حائز اهمیت است. این سیستم اگر از دخالت مخرب انسان دور باشد، می‌تواند تعادل خود را حفظ کند و کمبودهای خود را طی سال‌های مساعد از لحاظ جوی جبران نماید.

بیوم جنگل‌های پر باران نیمه‌حاره و حاره

جنگل پهن برگ (سخت‌چوب) همیشه‌سبز نیمه‌حاره دارای رطوبت بالاست و اختلاف درجه‌حرارت بین زمستان و تابستان در آن کم است. آب‌وهوای معتدل و گرم دریایی مرکز و جنوب ژاپن، شرق آمریکا و سواحل جنوبی آتلانتیک را دربر گرفته است.

قسمت حاره عمدتاً در استوا و در عرض‌های جغرافیایی ۱۰ درجه شمالی و جنوبی قرار گرفته‌اند. جنوب و مرکز قاره آمریکا، غرب آفریقا و جنوب شرقی آسیا عمده مناطق قرارگرفتن این جنگل‌ها هستند. درجه‌حرارت بالا در تمام سال وجود دارد و متوسط دمای سالیانه تقریباً 26°C است. بارندگی بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌متر و حتی بیشتر تغییر می‌کند. این جنگل‌ها قریب به ۱۰٪ از سطح کره زمین را به خود اختصاص داده‌اند و در حدود ۵۰ تا ۹۰٪ گونه‌های جهان را دارا هستند. این جنگل‌ها نزدیک به ۷۰٪ تمام گیاهان آوندی و ۳۰٪ تمام گونه‌های مهره‌دار زمینی و بیش از ۹۶٪ بندپایان جهان را در خود جای داده‌اند. ویژگی بارز این مناطق درختان پهن برگ همیشه‌سبز با برگ‌های سبز تیره است. دارای درختانی با ارتفاع بین ۱۵ تا ۶۰ متر هستند. اشکوب تحتانی شامل گونه‌های سایه‌دوست مثل سرخس است. گونه‌های جانوری متفاوتی مثل اسب‌های آبی کوچک، گراز، خفاش، سنجاب، میمون، جوجه تیغی، مورچه‌خوارهای تنبل^۱، جگوار، مارهای بوآ و پیتون، سمندرها، قورباغه‌ها، مارمولک‌های بزرگ، حلزون، طوطی‌ها و بالغ بر ۱۰ میلیون گونه حشره ناشناخته در آن یافت می‌شوند.

آبشویی زیاد خاک‌ها به دلیل رطوبت بالا، بقایای تجزیه‌یافته خاک‌ها را حل و به لایه‌های پایین می‌برد. در نتیجه طی مدت کوتاهی خاک از نظر مواد آلی فقیر می‌شود. با توجه به اینکه جنگل‌های نامبرده دارای اقلیم نسبتاً پایدار هستند، حالت نزدیک به اوج^۲ در آنها وجود دارد.

قسمت عمده غذای مردم جهان مانند ذرت، نیشکر، برنج، موز و بخشی از گیاهان دارویی از این مناطق حاصل می‌شوند. همچنین از نظر تولید الوار در سطح زمین اهمیت بالایی دارند. ولی شکار بی‌رویه و قطع درختان جنگلی و تبدیل جنگل به کشتزار، این مناطق را پیوسته تخریب کرده است.

بیوم جنگل‌های خشک حاره

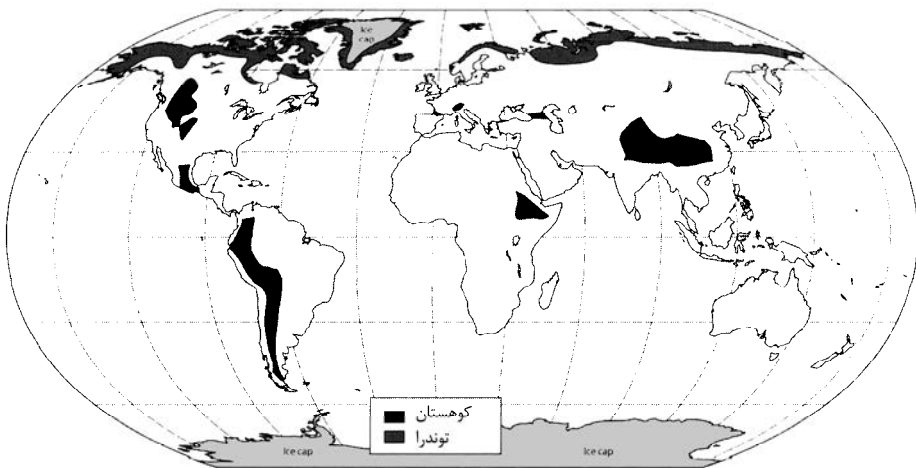
عمدتاً بین عرض‌های جغرافیایی ۱۰ تا ۲۵ درجه واقع شده‌اند. جنگل‌های آفریقای مرکزی، مناطق شمالی و جنوبی جنگل‌های آمازون آمریکا و بخشی از جنگل‌های هندوستان و هندوچین در آسیا و جنگل‌های غرب و شمال‌غرب استرالیا از آن‌جمله‌اند. نوسانات دمایی در آن زیاد و عمده بارش در زمان گرم سال است. باران‌های سنگین از جمله ویژگی‌های این مناطق است که در مدت کوتاهی آمده و خاک‌ها را نیز فرسایش می‌دهند. گیاهان نقاط مرطوب، بلندتر و گیاهان نقاط خشک کوتاه‌تر و حالت ساوان یا صحرایی دارد. در مناطق خشک، برگ اکثر درختان می‌ریزد، درحالی‌که در نقاط مرطوب نیمی از گیاهان همیشه‌سبز هستند. گونه‌های جانوری متفاوتی مثل پلنگ، یوزپلنگ، گربه‌های وحشی و میمون‌ها در آن به‌چشم می‌خورند. البته مهاجرت فصلی بسیاری از جانوران در این مناطق مکانیسمی برای فرار از نقاط خشک به محیط‌های مرطوب‌تر (حاشیه رودخانه‌ها) است.

طبق برآورد به‌عمل آمده نزدیک به ۸۰٪ جمعیت آمریکای مرکزی در این مناطق مستقرند که علت اصلی آن وجود خاک حاصلخیز برای زراعت انواع گیاهان زراعی است. پرورش دام نیز در این مناطق حائز اهمیت است. نکته جالب در این مناطق حالت خواب در گیاهان است. به‌طوری‌که در فصول خشک، بسیاری از درختان به‌حالت خواب می‌روند و با شروع بارندگی گیاهان بیدار شده و به‌تدریج گل می‌دهند. البته در این زمان سرعت رشد گیاهان زیاد است. این مکانیسم برای فرار از خشکی و تکمیل دوره رشد در زمان کافی بودن رطوبت، ایجاد شده است.

بیوم کوهستان‌ها

توزیع و پراکنش این مناطق در کره زمین یکنواخت نیست. کوهستان‌های شمال، غرب و جنوب آمریکا، کوهستان‌های شمال‌غرب و شرق آفریقا و رشته‌کوه‌های آلپ، زاگرس، هیمالیا و پیرنه در منطقه اوراسیا از جمله این مناطق‌اند. در ارتفاعات پایین‌تر هوا خنک و مرطوب و در ارتفاعات بالاتر، بارندگی کمتر است. لازم به‌ذکر است که در مناطق حاره، بارندگی با افزایش ارتفاع تا حدی بیشتر می‌شود ولی در نقاط بسیار مرتفع مجدداً کاهش می‌یابد. همچنین در این مناطق روزهای گرم و شب‌های بسیار سرد دیده می‌شود. با توجه به شیب زیاد این مناطق و کم‌بودن عمق خاک و وزش بادهای سنگین به‌خصوص از سمت بالای کوهستان به پایین، عمده‌تاً فرسایش و انتقال ذرات خاک را می‌توان مشاهده کرد.

پوشش گیاهی کوهستان‌ها تابع ارتفاع و تغییرات دمایی است. به‌عنوان مثال، نواحی کوهستانی جنوب آمریکا و آسیا، تعداد اندکی گونه گیاهی دارد. در کوهستان‌های پیرنه در جنوب فرانسه و کوهستان‌های آفریقای شمالی پوشش متنوع گیاهی دیده می‌شود و گیاهان برحسب ارتفاع جایگزین می‌شوند. به‌عنوان مثال، در ارتفاع بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر انواع درختان بلوط کرکدار مشاهده می‌شود. درحالی‌که در ارتفاع بین ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ متر، درختانی مانند راش و نراد قابل مشاهده است و در ارتفاع ۲۴۰۰ تا ۳۰۰۰ متری که بالاتر از



شکل ۹-۵ پراکنش کوهستان‌ها و توندرا در سطح کره زمین.

حد رویش درخت است، پوشش سایر گیاهان قابل رؤیت است. جالب است بدانیم در رشته کوه‌های هیمالیا، در ارتفاع بالاتر از ۵۰۰۰ متر نیز حتی چند گونه رؤیت شده‌اند. جانوران این مناطق شامل بز کوهی، غاز برفی، گاو وحشی و جوندگان است. حشرات گوناگون نیز که از بقایای بادآورده، تغذیه می‌کنند، قابل رؤیت هستند. تأمین علوفه، الوار و استخراج مواد معدنی از جمله کاربردهای این بیوم برای انسان است.

بیوم آب‌های شیرین

آب‌های شیرین به دو دسته آب‌های ساکن و روان تقسیم می‌شوند. آب‌های ساکن معمولاً از سمت ساحل تا داخل دریاچه قرار می‌گیرند و ممکن است در ناحیه ساحلی به صورت کمر بند سبزی قابل رؤیت باشند (ناحیه کم عمق) یا در ناحیه تحت ساحلی که معمولاً تا عمق ۳۰ متر ادامه دارد، رؤیت شوند و یا اینکه در دریاچه‌های وسیع مانند لمان در سوئیس و بایکال در روسیه به صورت ناحیه‌های عمقی قابل رؤیت باشند. در حالت عمقی به دلیل فقدان نور کافی، پوشش گیاهی دیده نمی‌شود. پلانکتون‌های دریاچه‌ای فقیرتر از دریایی هستند و بیشتر شامل جلبک‌های تک سلولی و پروتوزوئرها می‌باشند. دریاچه‌های کوهستانی با آب روشن و شفاف‌تری دارند، جزء دریاچه‌های فقیر محسوب می‌شوند و به خصوص پلانکتون‌های اندکی دارند. موجودات آنها بیشتر شامل ماهی قزل‌آلا، خرچنگ‌ها و لاروهای حشرات است. به دلیل درجه حرارت پایین، پدیده تجزیه ماده آلی به کندی صورت می‌گیرد و بیشتر شدن مواد آلی از حد معینی باعث اوتریفیکاسیون یا اختناق^۱ دریاچه خواهد شد (به قسمت ۷-۲ مراجعه گردد).

آب‌های روان، همان آب‌های جاری در سطح زمین هستند و معمولاً سه منطقه اصلی برای آنها در نظر گرفته می‌شود. اولین منطقه سرچشمه آب‌ها، دومین منطقه قسمت‌های سطحی مسیر جریان آب و سومین منطقه قسمت‌های پایینی جریان آب است که بیشتر در رودخانه‌های بزرگ به چشم می‌خورد. در سرچشمه‌ها، تغییرات درجه حرارت اندک است و جانورانی مثل خرچنگ‌ها در آن قابل رؤیت‌اند. در قسمت‌های سطحی حشرات، جلبک‌های سبز، اسفنج‌ها و خزها بیشتر قابل رؤیت‌اند و به دلیل تلاطم زیاد آب، اکسیژن زیادی دارند. در قسمت‌های پایینی جریان آب گیاهان فراوانترند و فیتوپلانکتون‌ها و دیاتومه‌ها را می‌توان در آن یافت. محل اصلی فعالیت ماهی قزل‌آلا نیز همین منطقه است. تلاطم آب در این قسمت‌ها کمتر و اکسیژن هم در مقایسه با قسمت‌های سطحی کمتر است. در مصب رودخانه‌ها، میزان املاح و نمک زیاد است و تنها گونه‌های مقاوم به شوری در آن قابل زندگی هستند. از آن جمله می‌توان اوری‌هالین را نام برد.

بیوم آب‌های شور

بیوم آب‌های شور^۱ تقسیم‌بندی گسترده‌ای دارد و شامل اقیانوس‌های آزاد، سواحل کم‌عمق^۲، مناطق جزرومدی^۳ (شامل سواحل شنی^۴ و سواحل صخره‌ای^۵)، جزایر مرجانی^۶ زمین‌های صاف و گلی حاشیه^۷ و مانگرو^۸ (درختان و درختچه‌های ساحلی که زیستگاه بچه‌ماهی‌ها و میگو هستند)، می‌باشند. اقیانوس‌ها تقریباً ۷۰٪ سطح زمین را فرا گرفته‌اند. عوامل فیزیکی، جزرومد، جریان‌های آبی، درجه حرارت، فشار و شدت نور تعیین‌کننده جوامع موجودات زنده آب‌های شور هستند. آب‌های آزاد به‌عنوان مخازنی برای آلاینده‌های متعددی مانند نفت، مواد زاید، کربوهیدرات‌ها و فلزات می‌باشند. بعضی از این مواد ممکن است به‌صورت تجمعی افزایش یافته و منجر به مسمومیت ماهی‌ها و موجودات دریایی شوند.

عوامل مختلف فیزیکی مانند، جزرومدها، جریان‌های آب و حتی هوا، دما، فشار و شدت نور، عوامل اصلی در شکل‌گیری این بیوم‌ها می‌باشند و به تبع ویژگی‌های آنها نیز به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تابع این عوامل است. این بیوم‌ها اثر قابل توجهی روی ترکیب رسوبات و گازهای محلول در آب و حتی گازهای هوا دارند. این بیوم با توجه به اینکه امکان تابش مستقیم خورشید در آن نیست و املاح و مواد معدنی در آب محلول‌اند، نسبت به خشکی برای حیات مناسب‌تر است. به‌طوری‌که در خشکی‌ها ۱۱ شاخه جانوری وجود دارند در حالی که در آب‌های شیرین ۱۴ و در دریاها و اقیانوس‌ها ۲۸ شاخه وجود دارد. مهمترین گونه‌های جانوری و گیاهی دریایی ممکن است موجودات ثابت و چسبیده به کف دریا یا غیر ثابت و متحرک در محیط زیست‌شان باشند. دسته اول شامل گیاهان، جلبک‌ها و بعضی فانروگام‌های پیدازاد مثل *Posidoria* و *Zostera* می‌باشند. دسته دوم شامل خرچنگ‌ها، ماهی‌ها و جانوران و میکروارگانیسم‌هایی است که ممکن است درون رسوبات نیز زندگی کنند. گروه دیگر پلاتکتون‌ها هستند که توسط جریان آب جابه‌جا می‌شوند و به تنهایی نمی‌توانند در مقابل

1. Salt water
2. Continental shelves
3. Inter-tidal zone
4. Sandy beaches

5. Rocky shores
6. Coral reefs
7. Mudflats
8. Mangroves

جابه‌جایی مقاومت نمایند. ولی تا حدودی حرکت عمودی دارند. به‌طور کلی، این موجودات تابع حرکات محیطشان هستند. به پلانکتون‌های گیاهی فیتوپلانکتون^۱ و به پلانکتون‌های جانوری زئوپلانکتون^۲ می‌گویند. از سایر پلانکتون‌های گیاهی می‌توان به جلبک‌های تک‌سلولی و دیاتومه‌ها اشاره کرد. پلانکتون‌ها با توجه به اندازه‌شان تقسیم‌بندی‌های دیگری دارند که ذکر آن در اینجا ضروری به‌نظر نمی‌رسد.

گروه دیگر گونه‌هایی هستند که حرکات مستقل نشان می‌دهند و قادرند با شناکردن برخلاف مسیر آب دریا خود را جابه‌جا کنند و نکتون^۳ نام دارند که شامل ماهیانی که در وسط دریا زندگی می‌کنند، لاک‌پشت‌ها، فک‌ها، کوسه‌ها و پنگوئن‌ها و پستانداران دریایی و خرچنگ‌های مختلف هستند.

گروه دیگر موجوداتی به‌نام نستون^۴ هستند که در سطح آب حرکت می‌کنند. به‌عنوان مثال، در بیوم دریایی می‌توان به حشرات خانواده Hemiptera اشاره کرد. به کلیه مواد آلی زنده و ذرات غیرزنده‌ای که در آب شناورند، سستون^۵ گفته می‌شود که پلانکتون‌ها بخش زنده آن هستند و تریتون‌ها^۶ بخش غیرزنده آن می‌باشند. در سایر قسمت‌های دریا می‌توان جانوران و ماهی‌های مختلفی نظیر ماهی‌های خوراکی، زینتی و کوسه یا نهنگ‌ها را یافت.

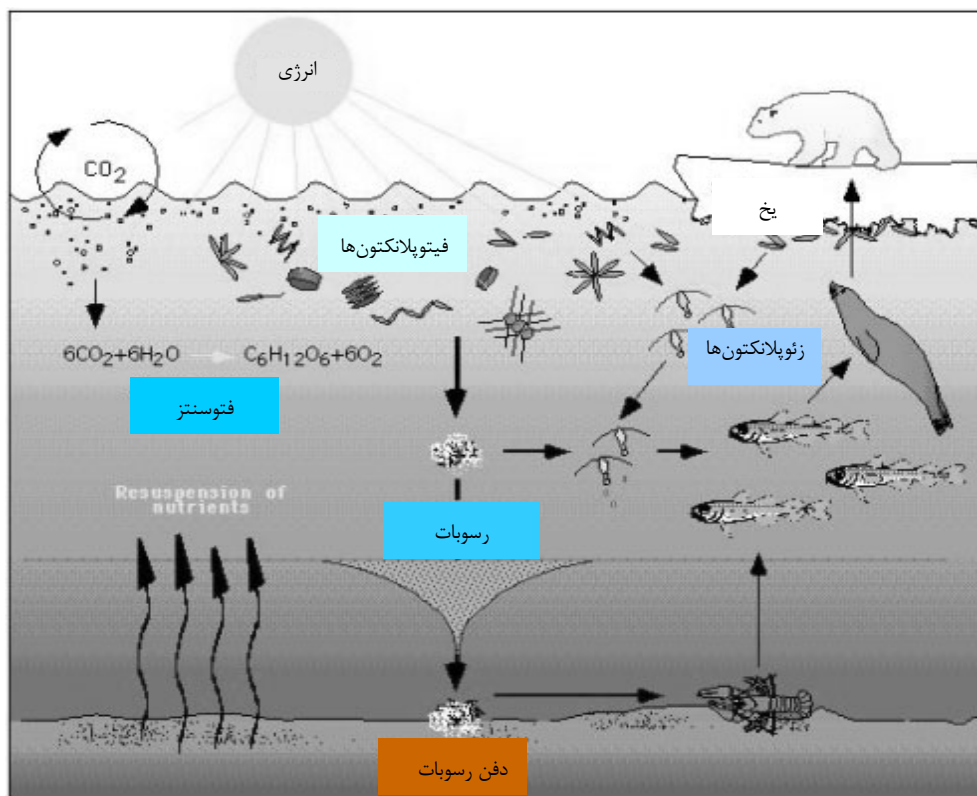
اصولاً بیوم دریایی به دو بخش اصلی بنتیک^۷ (منطقه کف دریاها و اقیانوس‌ها) و پلاژیک^۸ (منطقه میان آب) تقسیم می‌شود که هرکدام از این نواحی تقسیم‌بندی‌های دیگری دارد و ذکر آن در اینجا ضروری به‌نظر نمی‌رسد.

اقیانوس‌ها اعماق مختلفی دارند و در بعضی مناطق تا ۱۰ کیلومتر عمق پیدا کرده‌اند. عمدتاً نور خورشید تا عمق ۱۵۰ متری نفوذ می‌کند و در این قسمت‌ها واکنش‌های وابسته به نور انجام می‌شوند و به‌همین دلیل به این قسمت، منطقه نوری^۹ می‌گویند. در این منطقه بیشتر فیتوپلانکتون‌ها، تاژکداران، دیاتومه‌ها و باکتری‌ها وجود دارند که از لحاظ اندازه، محدوده‌ای بین ۲ تا ۲۰۰ میکرومتر دارند. نزدیک به ۸۰٪ نور خورشید به سطح اقیانوس می‌تابد و فقط در ۱۰ متر بالای آب جذب می‌شود. نفوذ نور بستگی به املاح، ذرات معلق، زاویه تابش و کدورت آب دارد. قسمت اعظم طیف مادون قرمز و ماورای بنفش در چند متر اولیه سطح آب جذب می‌شوند. به‌طور کلی، عدم‌وجود نور کافی و بعد از آن فقر عناصر غذایی در بسیاری از نقاط، مهمترین عوامل محدودکننده تولید در این بیوم هستند. عمق نفوذ نور در بعضی موارد تا ۶۰۰ متر هم می‌رسد ولی اعماق بیشتر نوری وجود ندارد.

در زیر قسمت نوری، منطقه تاریک^{۱۰} قرار دارد و در آن جانوران گوشت‌خوار و ریزه‌خوار یافت می‌شوند که از غذاهایی که از منطقه بالا به‌پایین می‌آید تغذیه می‌کنند. این موجودات غالباً نابینا هستند و با پخش نور از بدنشان غذا را می‌یابند. آنها از تولید نور برای کارهای دیگری مانند منحرف کردن شکارگرهای آنها و

1. Phytoplankton
2. Zooplankton
3. Nekton
4. Neuston
5. Seston

6. Triopton
7. Benthic Zone
8. Plagic Zone
9. Photic Zone
10. Aphotic zone



شکل ۱۰-۵ تصویری شماتیک از بیوم آب‌های شور.

حتی برای یافتن جفت استفاده می‌نمایند. موجودات و ماهی‌های اعماق از آن جهت که در آن منطقه غذای کمتری وجود دارد، دارای این تکنیک زیستی شده‌اند که تا مدت‌ها می‌توانند بدون غذا زندگی کنند و با یک غذای کم، خود را سازگار نمایند که عمدتاً به دلیل میزان متابولیسم درونی پایین آنهاست. در این قسمت‌ها می‌توان موجودات کفزی^۱ را به صورت لکه‌ای مشاهده کرد. همچنین باکتری‌های شیمیوسنتزکننده که انرژی خود را از گرما و گوگرد خارج شده از دالان‌های آتشفشانی به دست می‌آورند، نیز یافت می‌شوند. نزدیک به ۳۰۰ گونه در این مناطق چنین مکانیسمی را پیدا کرده‌اند که شامل باکتری‌ها، نوعی نرم‌تنان به نام لیمپت^۲، کرم‌های لوله‌ای و نوع خاصی از ماهی‌ها می‌باشند.

از لحاظ دمایی بین آب گرم بالایی و آب سرد زیرین، مرزی وجود دارد که ترموکلین^۳ نام دارد و عناصر غذایی در آن چرخش می‌نمایند. در اقیانوس‌ها به ندرت تنش حرارتی رؤیت می‌شود و دلیل آن وجود جریانات افقی و عمودی آب است.

1. Benthoses
2. Limpet
3. Thermocline

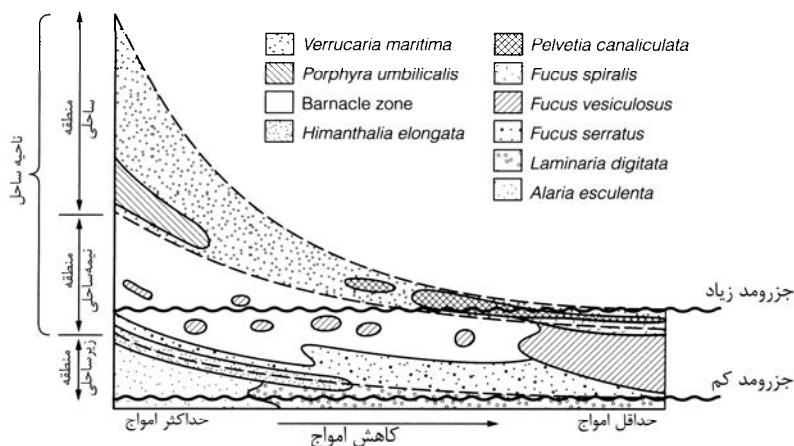
میزان شوری (املاح حل شده در آب) در مناطق مختلف، تفاوت دارد. شوری معمولاً برآیندی از ۴۵ عنصر موجود در آب است که مهمترین آنها سدیم و کلر است. کمترین شوری آب در اطراف استوا (محدوده عرض جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی و جنوبی) رؤیت می شود و دلیل آن بارندگی زیاد در مقایسه با تبخیر و تعرق است. بیشترین شوری در عرض های جغرافیایی ۲۰ تا ۳۰ درجه شمالی و جنوبی که بارندگی از تبخیر کمتر است، مشاهده می شود.

تنوع گیاهان در دریا از خشکی بسیار کمتر است و در بیوم دریا جلبک ها گیاهان غالب را تشکیل می دهند. با توجه به کمبود نیتروژن، فسفر و پتاسیم در منطقه نفوذ نور و همچنین کمبود تولید خالص گیاهان دریایی به خصوص جلبک ها نسبت به گیاهان خشکی زی، متوسط تولید اولیه سالانه در دریاها حدود ۲۰ تا ۵۰٪ از تولید خشکی ها کمتر است.

جزایر مرجانی تولید جوامع حاصلخیز دریایی می کنند. چراکه در آنها مجموعه عناصر و مواد رسوب کرده اند. به خصوص در این نقاط خزه و گیاهان دریایی به وفور یافت می شوند. از آن جمله می توان جلبک های قهوه ای (*Laminaria spp.*) را نام برد. از لحاظ فون جانوری نیز در این مناطق می توان کرم های تاردار، نرم تنان مختلف، آب دزدک های دریایی، خزه خوارها، اسفنج ها، عنکبوت های دریایی، سخت پوستان مختلف مثل خرچنگ ها و حتی خارپوستانی مانند ستاره ماهی را مشاهده کرد. این موجودات مورد تغذیه جانوران دریایی دیگر هستند و منبع غذایی مهمی برای آنها می باشند. مثلاً در امریکای جنوبی بسیاری از ماهی های کولی را می توان در این مناطق یافت و صیادان نیز عمدتاً برای شکار آنها در این مناطق تجمع می کنند.

صخره های مرجانی در شرایط گرم و آب های خیلی کم عمق (بالای ۲۰°C و عمق کمتر از ۵۰ متر) ایجاد شده اند. آنها غذایی برای جوامع جانوری مختلف، به خصوص ماهی ها و بی مهرگان به حساب می آیند. به عنوان مثال، طوطی ماهی به طور مستقیم از این مرجان ها تغذیه می کند. بعضی گیاهان مثل گزنه دریایی نیز به پوسته آهکی آنها وصل هستند و تغذیه می کنند. بعضی ماهی ها از جلبک ها و سایر گیاهان روی این مرجان ها تغذیه می کنند و بعضی نیز از بقایای مرده روی آنها تغذیه می کنند.

سواحل صخره ای که عمدتاً تحت تأثیر جزرومدها قرار دارند، نیز زیر مجموعه ای از بیوم های آب شور هستند که عمدتاً با جلبک ها پوشیده شده اند. گیاهان عالی قادر نیستند در این نقاط برویند و از چنین اکوسیستم هایی تغذیه کنند. یکی از ویژگی های سواحل صخره ای فاصله قرارگیری جوامع گیاهی و جانوری آن از دریاست و عمدتاً به دلیل تفاوت در دما، شوری، روشنایی (نور) و میزان موج های دریایی و جزرومدها می باشد. جالب توجه است که جوامع این مناطق ممکن است با یکدیگر جایگزین و تغییرات مکانی پیدا کنند. به عنوان مثال، حذف شدن جلبک های قهوه ای مانند *Fucus Serratus* و *Ascophyllum nodosum* از قسمت های پایین تر باعث می شود که جلبک دیگری مثل *Fucus Spiralis*، از قسمت های بالا به سمت پایین حرکت و به مرور جای آن را بگیرد و در واقع در این منطقه تولید کلونی کند.

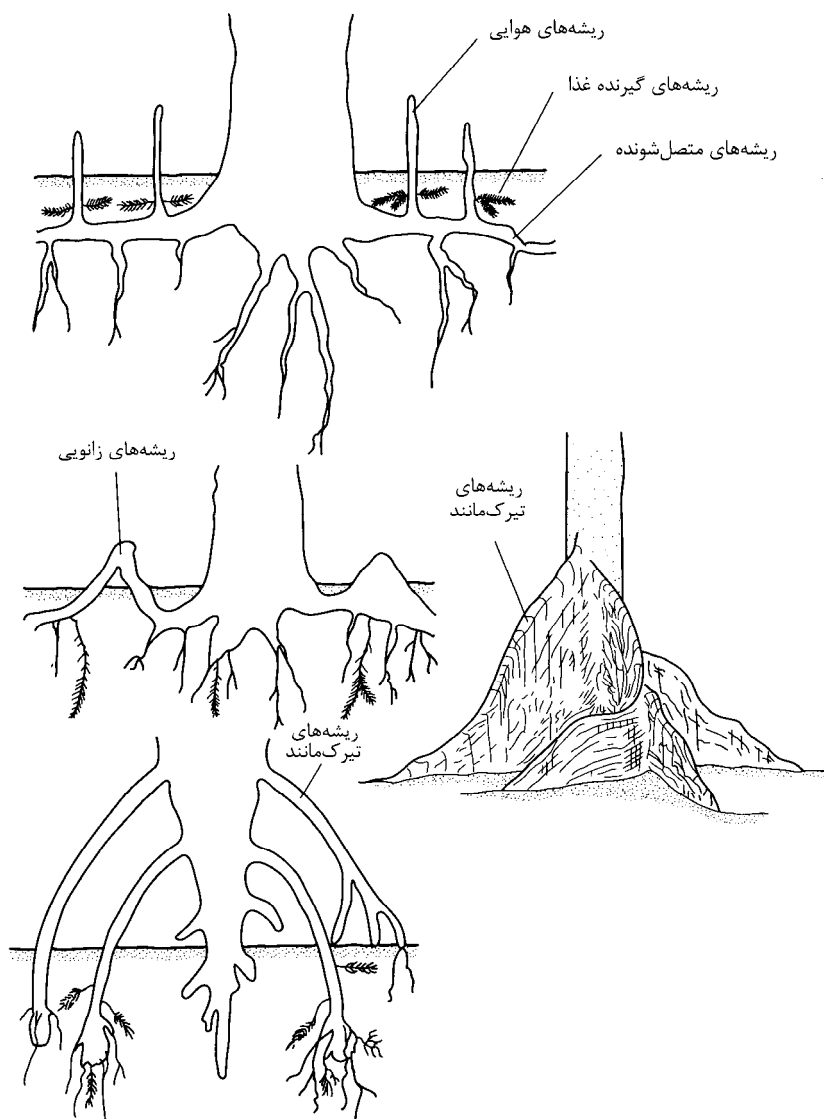


شکل ۱۱-۵ قرارگیری جلبک‌ها با توجه به میزان جزروم و مکان ساحلی.

در مورد جانوران نیز چنین قاعده‌ای حکمفرماست. مثلاً لیمپت‌ها و ماهی‌های سرخابی در قسمت‌های نزدیک به دریا زندگی می‌کنند در حالی که صدف‌های درشت دریایی به ساحل نزدیک‌ترند و در حواشی ساحل زندگی می‌کنند. خزهای دریایی و جلبک *Fucus vesiculosus* نیز عمدتاً در مناطقی که تحت تأثیر جزروم کم قرار دارند، می‌رویند ولی جلبک *Fucus Serratus* و گل‌سنگ سیاهی مثل *Verrucaria maritima* در مناطق پرموج و مناطقی که جزروم آن شدید است می‌رویند.

سواحل شنی با توجه به طبیعت ناپایدار و ساینده خود از لحاظ تجمع گونه‌های جانوری و گیاهی کمتر اهمیت دارند، به خصوص به دلیل آنکه میزان مواد غذایی در این مناطق پایین است و عمده آنها توسط آب شسته شده و به اعماق می‌رود. از موجودات این مناطق می‌توان به خیارهای دریایی، نرم‌تنانی با طول کمتر از ۲ میلی‌متر، صدف ماهی‌ها، تیغ‌ماهی‌ها و کرم‌های قلابدار ساحلی اشاره کرد که عمدتاً خود را بین شن‌ها مخفی می‌کنند و از پلانکتون‌ها و عناصر و مواد ریز دریایی تغذیه می‌کنند. در عوض خود آنها نیز غذایی مناسب برای پرندهای آبرزی، مرغ باران و صدف‌خوارها می‌باشند.

مرداب‌های نمکی در نقاط حاشیه‌ای که کمتر تحت تأثیر جزروم هستند قرار دارند و در آن گیاهان عالی مقاوم به شوری دیده می‌شوند، که شامل گیاهانی مثل *Salicornia europaea* و *Spartina* می‌باشند. این مناطق نقاط خوبی برای تغذیه جانوران و زمستان‌گذرانی آنها به حساب می‌آیند. به خصوص غازها و پرندگان آبرزی در این مکان‌ها به وفور یافت می‌شوند. در کنار این مناطق می‌توان به نقاط مسطح و گلی و مصب رودخانه‌ها اشاره کرد که عمدتاً محل تجمع رسوبات و مواد و عناصر مختلف هستند و چون داخل این رسوبات اکسیژن کم است در نتیجه جانداران مقاوم به این شرایط داخل این رسوبات زیست می‌کنند. در این نقاط با توجه به شوری بالای آب، موجوداتی مثل فیتوپلانکتون‌ها، موجودات کف‌زی و بی‌مهرگان بیشتر وجود دارند.



شکل ۱۲-۵ انواع ریشه‌های درختان در جنگل‌های مانگرو.

در مناطقی که شرایط اقلیمی گرم‌تری وجود دارد، جنگل‌های مانگرو^۱ به‌جای مرداب‌های نمکی ایجاد می‌شوند که معمولاً در گل‌ولای‌های بدون اکسیژن و با میزان نمک بالا قرار دارند. آنها در مناطق حاره، ۶۰ تا ۷۰٪ خط ساحلی را پوشانده‌اند و با سیستم ریشه گسترده و متنوع خود ثبات و استحکام یافته‌اند. از آن‌جمله ریشه‌های زانویی هستند که دارای عدسک‌های فراوان است و بعد از مد، اکسیژن به آن وارد می‌شود. این

گیاهان حالت زیرومورفیک^۱ دارند و دارای کوتیکول‌های مومی با کرک‌های نرم می‌باشند. برگ‌های تقریباً گوشتی آنها برای ذخیره آب ایجاد شده است. مانگروها به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند: (۱) گروهی که مانع جذب نمک می‌شوند. مانند *Rhizophora*، (۲) گروهی که نمک را به وسیله غده‌های خاصی در برگ از خود خارج می‌سازند. مانند *Avicennia*، و (۳) گروهی که مقاومت بالایی به شوری دارند و آنرا تحمل می‌کنند؛ مانند *Excoecaria*.

توزیع مانگروها بستگی به ثبات رسوبات، رشد و تکثیر سریع آنها، میزان شوری، مواد غذایی و پراکندگی اندام‌های تکثیر آنها به وسیله جریان آب دارد. این جنگل‌ها دارای انواع موجودات دریایی یا خشکی‌زی هستند مانند خرچنگ‌ها که خود را در هنگام جزرومد در بین رسوبات مخفی می‌کنند. در جنگل‌های هند و مالزی نوعی ماهی‌های جهنده با نام علمی *Periophthalmus* وجود دارد که در گل‌ولای زندگی می‌کند و می‌تواند روی موجوداتی مثل دوزیستان فعالیت کند.

دخالت مخرب انسان مانند صید بیش‌ازحد مجاز در این بیوم‌ها نیز آنها را دچار مشکل نموده است. همچنین اقیانوس‌های آزاد به محلی برای دفن آلوده‌کننده‌های مختلف مثل روغن‌ها و سایر هیدروکربن‌ها، فلزات و فاضلاب‌ها تبدیل شده است. مقداری از روغن‌های سبک تبخیر می‌شود، مقداری در آب به صورت قطره‌های مخلوط درمی‌آید و مقداری هم جذب ذرات و موجودات دریایی می‌شود. مقداری از آنها توسط باکتری‌ها قابل تجزیه است ولی ترکیبات قیری که در سطح و کف دریا قرار می‌گیرند همگی برای حیات دریا سمی هستند. بسیاری از فاضلاب‌ها، آلوده به مواد و فلزات سمی است که جذب ماهی‌ها می‌شود و می‌تواند وارد چرخه غذایی شده و سلامت انسان را نیز تهدید کنند. در کنار این قضیه، جنگ‌هایی مانند جنگ عراق و کویت و سایر جنگ‌های دریایی که منجر به وارد شدن حجم عظیمی از فراورده‌های شیمیایی نفتی به آب‌ها شد و همچنین دفن زباله‌های کارخانه‌ها و زباله‌های اتمی و مواد شیمیایی خطرناک در نقاط عمیق دریا شواهدی دیگر از این قضیه هستند.

اصول و مفاهیم انرژی در سیستم‌های اکولوژیک

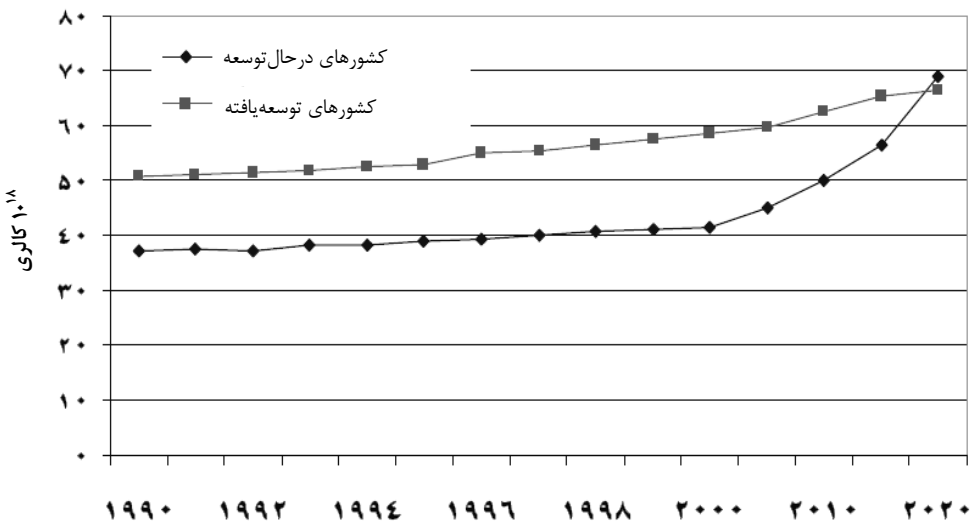
کلمه انرژی مشتق از کلمات یونانی "ان" به معنی درون و "ارگون"^۱ به معنی کار می‌باشد. به طور کلی، انرژی را به صورت توانایی انجام کار^۲ تعریف کرده‌اند. کار استفاده از نیرو^۳ برای جابه‌جایی یک جسم و نیرو، عامل تغییر حالت هر جسمی می‌باشد. واحد نیرو در سیستم متریک (SI) نیوتن (N) بوده که عبارت است از نیرویی که یک جسم یک کیلوگرمی را به اندازه یک متر در ثانیه در ثانیه (ms^{-2}) جابه‌جا نماید. در واقع برای حرکت یک جسم حتی در سرعت ثابت نیاز به نیرو می‌باشد. وقتی نیرویی جسمی را جابه‌جا می‌کند می‌بایستی انرژی فراهم نماید. واحد انرژی ژول (J) بوده که انرژی تأمین شده توسط نیروی یک نیوتنی برای جابه‌جایی به اندازه یک متر می‌باشد.

$$\text{انرژی} = \text{نیرو (نیوتن)} \times \text{فاصله (متر)}$$

اصطلاحات انرژی و توان^۴ اغلب به صورت مترادف به کار می‌روند (مانند انرژی باد، توان باد)؛ اما از نظر علمی این دو با هم متفاوت می‌باشند. توان میزان یا سرعت تبدیل انرژی از یک فرم به فرم دیگر یا از یک مکان به مکان دیگر می‌باشد که واحد آن وات (W) است. یک وات در واقع یک ژول در ثانیه است؛ برای مثال، یک لامپ ۱۰۰ وات میزان ۱۰۰ ژول انرژی الکتریسته را به نور (به علاوه گرما) در ثانیه تبدیل می‌کند. اساساً برای اینکه حیات و زندگی در روی کره زمین وجود داشته باشد احتیاج به انرژی بوده و ظهور شکل‌های مختلفی از حیات همیشه با تغییر انرژی همراه بوده است. انسان طی قرن‌ها از منابع مختلف انرژی استفاده نموده است. در ابتدا از انرژی خورشید، سوخت چوب، نیروی حیوانات، آب و باد و نیروی بدن خود استفاده کرده است. پس از آن نیروی موتور توسعه یافت که سوخت آن چوب، ذغال سنگ و به تدریج نفت و انرژی هسته‌ای گردید. انسان انرژی را برای تغییر در استفاده از زمین، آب، گیاه و حیوان به کار برد. همزمان با صنعتی شدن جهان مصرف انرژی‌های مختلف روند افزایشی داشته (شکل ۱-۶) و به خصوص در دنیای امروز انرژی جزء لاینفک زندگی انسان می‌باشد به طوری که پیشرفت در زمینه‌های مختلف، به طور مستقیم یا غیرمستقیم به انرژی وابسته است.

1. Ergon
2. Work

3. Force
4. Power



شکل ۶-۱ روند روبه رشد مصرف انرژی در جهان.

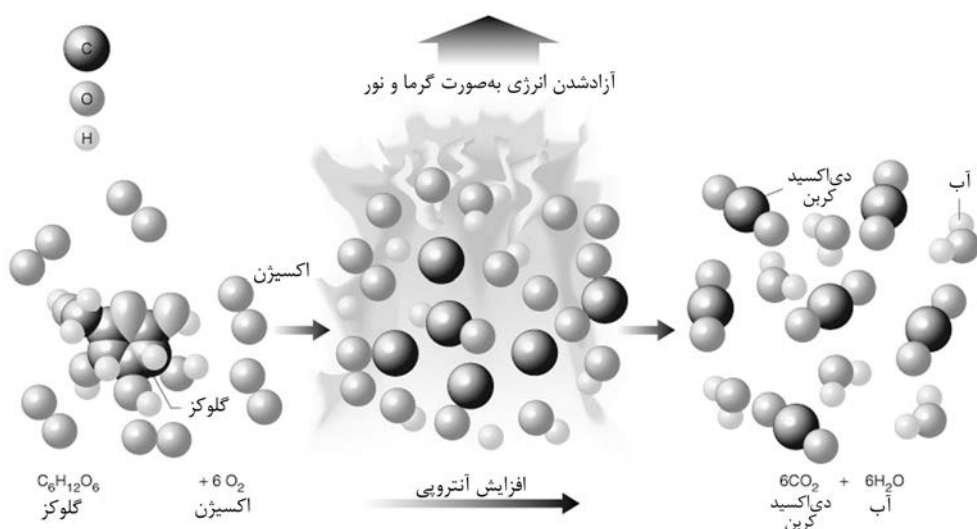
انرژی به عنوان توانایی انجام کار تعریف می شود. اگر یک پدیده توانایی تولید کار را داشته باشد، می توانیم آن را به عنوان شکلی از انرژی تقسیم بندی کنیم. انرژی ممکن است از نوعی به نوع دیگر تغییر شکل پیدا کند و از این رو بیشتر بحث پیرامون انرژی به تغییر شکل انرژی از فرمی به فرم دیگر که بتواند کار مفید انجام دهد، مربوط می شود. بنابراین، انرژی ممکن است از فرمی به فرم دیگر تغییر شکل یابد، اما مقدار کل در هر سیستم بسته ثابت باقی مانده که این به عنوان اصل "بقای انرژی" شناخته شده است. با این وجود، انرژی می تواند از برخی اشکال مفید به اشکال بی فایده تبدیل شود (تیواری و قوسال، ۲۰۰۵).

قوانین ترمودینامیک

به طور کلی، جریان انرژی در اکوسیستم تابع قوانین خاصی است که مهمترین آنها قوانین ترمودینامیک معروف اند.

۱. اصل اول ترمودینامیک (اصل بقای انرژی): انرژی نه به وجود می آید و نه از بین می رود. بلکه فقط از فرمی به فرم دیگر تبدیل می شود و به عبارت دیگر، میزان انرژی موجود در جهان ثابت است.
۲. اصل دوم ترمودینامیک: در تبدیل انرژی از یک فرم به فرم دیگر راندمان تبدیل صدها درصد نیست و به عبارت دیگر، هیچ گاه نمی توان یک نوع انرژی (مثلاً نور) را با کارایی صدها درصد به انرژی ذخیره (مثلاً پروتوپلاست) تبدیل کرد. زیرا مقداری از آن انرژی به شکل انرژی حرارتی پخش و از دسترس انسان خارج می شود. این اصل به نام قانون آنتروپی^۱ نیز معروف است.

1. Entropy Law



شکل ۲-۶ شمایی از واکنش اکسیداسیون گلوکز با تأکید بر قانون دوم ترمودینامیک و افزایش آنتروپی.

مسئله آنتروپی تنها محدود به تبدیل و تغییر انرژی و کاهش راندمان نیست، بلکه مفهوم وسیع‌تری دارد. در مفهوم وسیع، آنتروپی معیاری برای اندازه‌گیری میزان پراکندگی و بی‌نظمی در سیستم‌های فیزیکی می‌باشد. به این معنا که اگر سیستم‌ها از حالت منظم به طرف بی‌نظمی و پراکندگی سیر کند، آنتروپی آن افزایش یافته و اگر از حالت بی‌نظمی به سوی نظم بیشتر گرایش یابد، آنتروپی آن کاهش یافته است (شکل ۲-۶). به همین لحاظ، در رابطه با تغییر و تبدیل انرژی، انتشار و پراکندگی حرارت و انرژی را افزایش آنتروپی نامیده‌اند.

آنتروپی معیاری است که میزان بی‌نظمی را در یک سیستم مشخص می‌کند، این بی‌نظمی براساس انرژی‌های غیرقابل استفاده یا حرارتی اندازه‌گیری می‌شود. اساس حیات در اکوسیستم‌ها، دفع گرما از خود می‌باشد. به عبارت دیگر، در هر اکوسیستمی برای حفظ نظم و حفظ ثبات لازم است که بین انرژی‌های ورودی و انرژی‌های خروجی آن تعادل برقرار باشد. به این معنی که اگر انرژی فقط به اکوسیستم وارد شود و اکوسیستم این انرژی را به صورت حرارت یا گرما از خود خارج نکند این اکوسیستم در جهت نابودی پیش خواهد رفت. لذا پراکنش گرما عاملی است برای ثبات در اکوسیستم‌ها.

واحدهای انرژی

برای محاسبه انرژی واحدهای مختلفی وجود دارد که مهمترین آنها عبارت‌اند از:

۱. گرم کالری یا کالری (cal یا gcal): عبارت است از مقدار گرمایی که برای بالابردن گرمای یک گرم (یک میلی لیتر) آب از ۱۵ به ۱۶°C لازم است.

۲. کیلوکالری (kcal): یک کیلوکالری برابر است با ۱۰۰۰ گرم کالری و عبارت است از مقدار گرمای لازم برای بالا بردن دمای یک کیلوگرم (یا یک لیتر) آب از 15°C به 16°C .
۳. بی تی یو (BTU): عبارت است از میزان گرمای لازم برای افزایش درجه حرارت یک پوند آب به اندازه یک درجه فارنهایت. یک بی تی یو برابر است با ۲۵۲ گرم کالری یا ۰/۲۵۲kcal.
۴. ژول (J): برابر است با ۰/۲۴ گرم کالری یا ۰/۷۴ فوت پوند یا ۰/۱ کیلوگرم متر. کلبه واحدهای بالا را می توان با واحد ژول سنجید؛ که به صورت زیر است:
 $10^9 \text{ ژول} = 1 \text{ ژیگاژول}$
 $10^6 \text{ ژول} = 1 \text{ مگاژول}$
 $10^5 \text{ ژول} = 1 \text{ بی تی یو}$
 $3/6 \text{ مگاژول} = 1 \text{ کیلو وات ساعت}$
 $4/1868 \text{ ژول} = 1 \text{ کالری}$
۵. لانگلی (LY): یک گرم کالری بر سانتی مترمربع را گویند. یک لانگلی برابر ۴۱/۸۶ کیلوژول در مترمربع است.
۶. وات (W): یک ژول در ثانیه یا ۱۴/۳ گرم کالری در دقیقه را یک وات گویند.
۷. اسب بخار: اسب بخار واحد دیگری برای نیرو است. یک اسب بخار ساعت، ظرفیت انجام دادن ۳۳۰۰۰ فوت-پوند کار در دقیقه برای مدت یک ساعت است و براساس توانایی یک اسب معمولی برای جابه جایی ۳۳۰۰۰ پوند به اندازه یک فوت در دقیقه برای مدت زمان یک ساعت می باشد. حداکثر ظرفیت انجام کار برای یک اسب در روز در حدود ۱۰ اسب بخار ساعت یا ۱۰ ساعت کار در روز است. یک اسب بخار ساعت یا ۳۳۰۰۰ فوت-پوند کار در دقیقه برای یک ساعت می تواند بر حسب انرژی گرمایی بیان شود. این مقدار نیرو، درجه حرارت ۶۴۱ کیلوگرم آب را در درجه حرارت 15°C به اندازه یک درجه بالا می برد. به عبارت دیگر، یک اسب بخار ساعت، ۶۴۱kcal انرژی گرمایی دارد.
- یک مرد کارگر که ۱۰ ساعت در روز کار کند، فقط معادل یک اسب بخار ساعت نیرو تولید می کند (یک ساعت نیروی انسان برابر است با ۰/۱ ساعت نیروی اسب در یک ساعت). یک گالن بنزین در حدود ۳۱۰۰۰ کیلوکالری انرژی پتانسیل دارد. یک گالن بنزین کاری معادل ۹ ساعت نیروی انسان یا معادل کارگری که ۸ ساعت در روز و پنج روز در هفته برای حدود ۲/۵ هفته کار کند، تولید می کند. انرژی حاصل از سوختن یک گرم هیدرات کربن برابر ۴ کیلوکالری، یک گرم پروتئین برابر ۵ کیلوکالری و یک گرم چربی برابر ۹/۲ کیلوکالری می باشد.

در سال ۱۹۶۰ دانشمندان جهان بر سر به کار بردن یک سیستم واحد که به نام سیستم اس ای (SI)^۱ یا متریک نامیده شده به توافق رسیدند. در این سیستم سه واحد اساسی متر (m)، کیلوگرم (kg) و ثانیه (s)

1. SI System (Système International d'Unités)

جدول ۱-۶ واحدهای کوچکتر و بزرگتر از ژول.

واحدهای کوچکتر از ژول				واحدهای بزرگتر از ژول			
نام فارسی	نام	علامت	ارزش	نام فارسی	نام	علامت	ارزش
دکازول	decajoule	dJ	$10^{-1} J$	دسی‌ژول	decijoule	dJ	$10^{-1} J$
هکتازول	hectojoule	hJ	$10^2 J$	سانتی‌ژول	centijoule	cJ	$10^{-2} J$
کیلوژول	kilojoule	kJ	$10^3 J$	میلی‌ژول	millijoule	mJ	$10^{-3} J$
مگاژول	megajoule	MJ	$10^6 J$	میکروژول	microjoule	μJ	$10^{-6} J$
گیگاژول	gigajoule	GJ	$10^9 J$	نانوژول	nanojoule	nJ	$10^{-9} J$
تراژول	terajoule	TJ	$10^{12} J$	پیکوژول	picojoule	pJ	$10^{-12} J$
پتاژول	petajoule	PJ	$10^{15} J$	فمتوژول	femtojoule	fJ	$10^{-15} J$
اگزاژول	exajoule	EJ	$10^{18} J$	آتوژول	attojoule	aJ	$10^{-18} J$
زتاژول	zettajoule	ZJ	$10^{21} J$	زپتوژول	zeptojoule	zJ	$10^{-21} J$
یائتاژول	yottajoule	YJ	$10^{24} J$	یوکتاژول	yoctojoule	yJ	$10^{-24} J$

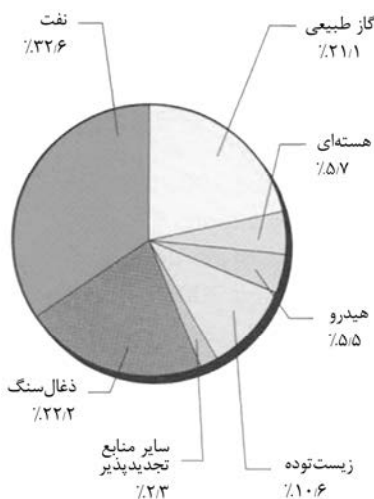
پذیرفته شده و واحدهای دیگری از این سه مشتق شده‌اند مانند متردرتانه. در رابطه با انرژی همان‌طور که قبلاً گفته شد واحد ژول و یا واحدهای مضاربی از ژول (جدول ۱-۶) به کار برده می‌شوند.

منابع انرژی

در اکوسیستم‌های مختلف منابع متفاوتی از انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اکوسیستم‌های طبیعی منبع اصلی انرژی، انرژی نورانی خورشید است. در اکوسیستم‌های شهری نه تنها از انرژی نورانی استفاده می‌شود بلکه برای زندگی از دیگر منابع انرژی مانند سوخت‌های فسیلی و انرژی اتمی نیز استفاده می‌گردد. در اکوسیستم‌های زراعی هم از انرژی نورانی و هم از انرژی سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند و به‌طور کلی، هر چه اکوسیستمی توسط دست بشر ساخته شده باشد، وابستگی آن به انرژی نورانی کمتر است.

به‌طور کلی، انرژی‌هایی که از خارج به سطح کره زمین می‌رسند شامل انرژی حاصل از تشعشعات نورانی خورشید و انرژی حاصل از تشعشعات حرارتی می‌باشند. انرژی تابشی به‌شکل نور خورشید مهمترین و قابل توجه‌ترین منبع تأمین انرژی هر اکوسیستمی است. میزان و نوع انرژی تابشی که به سطح زمین می‌رسد، شرایط حاکم بر زندگی موجودات را تعیین می‌کند و بنابراین حائز اهمیت است.

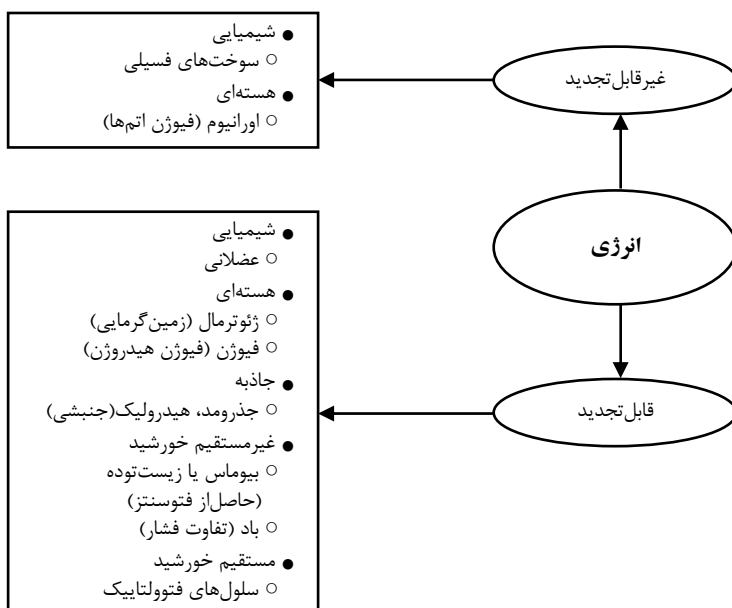
سوخت‌های فسیلی مانند ذغال‌سنگ، نفت خام و گاز طبیعی، سوخت‌های هسته‌ای (اورانیوم، توریم، دوتریوم، لیتیوم)، انرژی خورشیدی شامل تشعشع ورودی خورشید و اشکال دیگر انرژی که در آن نور خورشید به‌وسیله فرایندهای طبیعی تبدیل می‌شود، آب در حال سقوط، باد، امواج جریان‌های اقیانوس‌ها، اختلاف درجه حرارت در اقیانوس‌ها و زیست توده گیاهی منابع مهم انرژی در جهان هستند. انرژی را می‌توان براساس تاریخ پیدایش آن به دو گروه انرژی‌های شناخته‌شده یا رایج، مانند انرژی ذغال‌سنگ، چوب، نفت، گاز و غیره و انرژی‌های جدید یا جایگزین مانند انرژی‌های خورشیدی، بادی، امواج، زمین گرمایی و غیره تقسیم نمود. سوخت‌های فسیلی که غیرقابل تجدید بوده و در نهایت، به پایان خواهند رسید هنوز منبع اصلی



شکل ۳-۶ درصد مشارکت منابع مختلف انرژی مصرف شده در سال ۲۰۰۲ (کل مصرف ۴۵۱ اگزاژول).

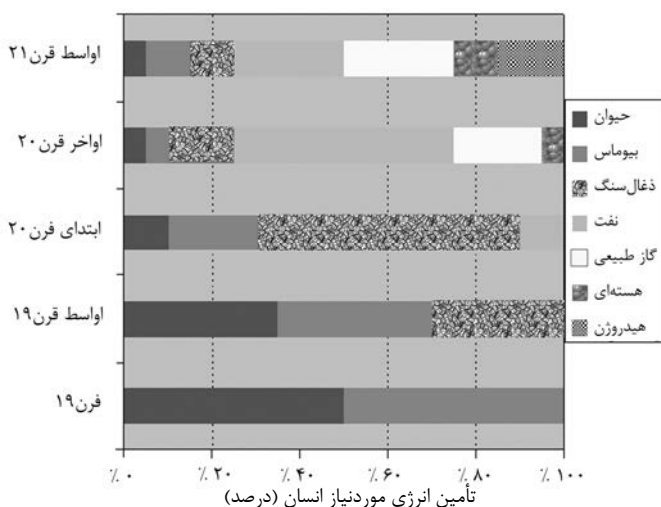
انرژی‌های مصرفی بوده و در حال حاضر بیش از ۷۰٪ انرژی مصرفی مردم دنیا را تأمین می‌کنند. نیاز روز افزون جهان به منابع جدید انرژی امروزه یکی از مسائل اساسی کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه می‌باشد. به‌طوری‌که این مشکل تنها به کشورهای واردکننده انرژی و نفت اختصاص ندارد و حتی تولیدکنندگان بزرگ نفت از جمله کشور ما ایران نیز با مشکلات متعددی در زمینه تهیه سوخت روبه‌رو هستند. مصرف روزانه نفت در دنیا در حدود ۸۴ میلیون بشکه در روز است که براساس پیش‌بینی وزارت انرژی آمریکا تا سال ۲۰۲۵ به ۱۲۱ میلیون بشکه در روز خواهد رسید. در حال حاضر، در جهان ۷۷٪ کل انرژی مصرفی را سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌دهند و براساس پیش‌بینی‌های واقع‌بینانه تا سال ۲۰۲۰ میلادی این سوخت‌ها همچنان ۷۳٪ مصرف انرژی جهان را تأمین خواهند کرد. هرچند که تقاضا برای انرژی در حال افزایش است (شکل ۱-۶) اما تولید از بزرگترین منابع موجود نفت سالانه ۵٪ کاهش می‌یابد. اقتصاد جهان عمدتاً وابسته به قیمت نفت بوده و افزایش قیمت نفت مشکلات زیادی را به همراه می‌آورد. نفت یک منبع هیدروکربنی پایان‌پذیری است که تشکیل آن میلیون‌ها سال زمان برده است و ما با مصرف آنها در واقع سرمایه‌هایی را از میان می‌بریم که تجدیدپذیر نیستند.

انرژی‌های دیگر را انرژی‌های جایگزین تشکیل می‌دهند که شامل انرژی‌های تجدیدشونده و انرژی‌های غیرقابل تجدید می‌باشند. انرژی جایگزین غیرقابل تجدید عمدتاً شامل سوخت‌های هسته‌ای بوده و منابع جایگزین تجدیدشونده شامل انرژی خورشیدی، نیروی آب، نیروی باد و انرژی حاصل از زیست‌توده می‌باشند (شکل‌های ۳-۶ و ۴-۶). هرچند که استفاده از منابع جایگزینی هنوز گسترش زیادی نیافته است اما در سال‌های اخیر رشد فزاینده‌ای داشته‌اند.

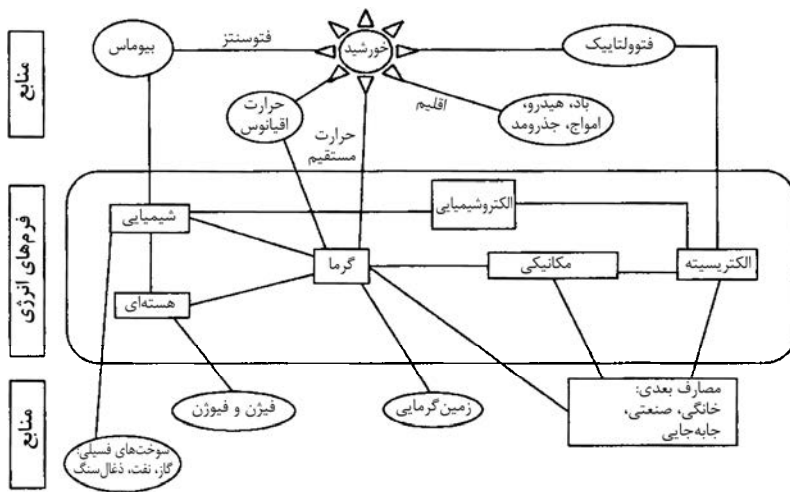


شکل ۴-۶ منابع مختلف انرژی.

در شکل ۵-۶ سهم منابع عمده تأمین انرژی بشر براساس تاریخ پیدایش نشان داده شده است. سوخت‌های فسیلی در طی چند میلیون سال تولید و تجمع یافته‌اند. منابع مذکور تجدیدشونده نیستند و مقدار انرژی آنها محدود است. مهمترین انرژی تجدیدشونده انرژی خورشید است که نه تنها شامل تشعشع ورودی خورشید



شکل ۵-۶ سهم منابع مختلف انرژی در تأمین نیاز بشر.



شکل ۶-۶ چگونگی تبدیل منابع انرژی.

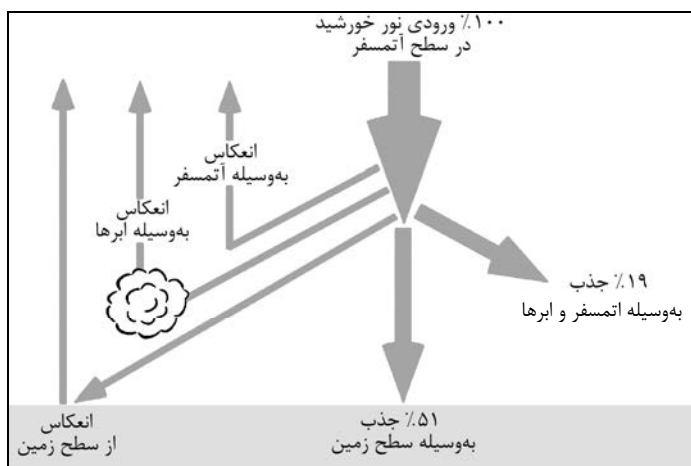
می‌شود بلکه شامل اشکال دیگر و قابل استفاده انرژی که در آن نور خورشید به وسیله فرایندهای طبیعی تبدیل می‌شوند مانند انرژی‌های باد، آب در حال سقوط، امواج جریان‌های اقیانوس‌ها نیز می‌گردد. علاوه بر تشعشعات خورشیدی، مقادیر کم گرمای حاصل از داخل زمین (انرژی ژئوترمال) و انرژی جزرومد حاصل از سیستم نیروی جاذبه زمین، ماه و خورشید نیز جزء منابع انرژی موجود در زمین هستند.

خورشید منبع اصلی انرژی برای تمام موجودات زنده می‌باشد. به‌طور کلی، انرژی‌هایی که به سطح زمین می‌رسد شامل انرژی حاصل از تشعشعات نورانی خورشید (انرژی تابشی) و انرژی حاصل از تشعشعات حرارتی (انرژی حرارتی) می‌باشند (شکل ۶-۶).

سیر انرژی خورشید در اجزای غیرزنده اکوسیستم زمین

کل تشعشع خورشیدی جذب شده به وسیله دایره عظیم زمینی که مساحتی برابر 1.275×10^{14} مترمربع دارد، 1.73×10^{17} وات می‌باشد. مقدار جریان گرما به وسیله کنوکسیون از داخل زمین 0.063 وات در مترمربع است که برای کل سطح زمینی که 5.1×10^{12} مترمربع است، کل جریان گرما از این طریق بالغ بر حدود 32×10^{12} وات می‌شود. میزان کنوکسیون (جابه‌جایی) از طریق چشمه‌های آب گرم و آتشفشان‌ها، حدود یک درصد میزان کل کنوکسیون یعنی حدود 3×10^{12} وات برآورد شده است.

فقط بخش کوچکی از انرژی تابشی خورشید به بالای سطح آتمسفر می‌رسد. مقدار کل تشعشع ورودی در روی یک سطح عمود بر مسیر تشعشع در خارج از آتمسفر حدود 2 کالری در سانتی مترمربع در دقیقه ($2 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$) است که به آن عدد ثابت خورشیدی می‌گویند. این رقم متوسط انرژی دریافتی در سراسر زمین در تمام طول سال است. مقدار انرژی تابشی با تغییر فعالیت خورشید اندکی متغیر خواهد بود.

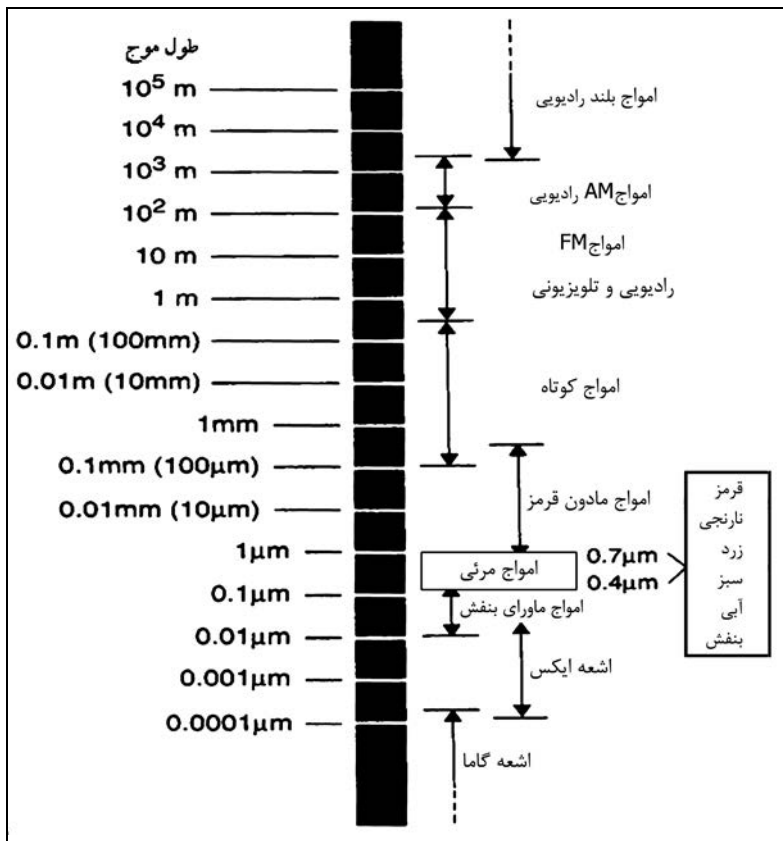


شکل ۶-۷ جذب یا انعکاس انرژی خورشیدی در جو و سطح زمین.

نقطه شروع برای جریان انرژی در کره زمین نور خورشید است. از تشعشع خورشیدی که به اتمسفر زمین می‌رسد در حدود ۳۰٪ به فضا منعکس می‌شود و در حدود ۲۰٪ جذب اتمسفر شده و در حدود ۵۰٪ به صورت گرما توسط زمین، آب و یا پوشش گیاهی جذب می‌شود (شکل ۶-۷). مقادیر ذکر شده در منابع مختلف کمی اختلاف دارند. به عنوان مثال، در برخی از منابع عقیده بر این است که تقریباً از ۱۰۰٪ نور خورشید موجود در سطح اتمسفر، ۴۷٪ به سطح زمین رسیده که ۴٪ از سطح زمین منعکس می‌گردد.

انرژی ثابت خورشیدی میزان دریافت تشعشعات خورشیدی از خارج از جو است و حدوداً ارزشی برابر ۲ کالری بر سانتی متر مربع در دقیقه دارد. این رقم متوسط انرژی دریافتی در سراسر زمین در تمام طول سال است و در مناطق مختلف زمین، مقدار آن فرق می‌کند. شعاع‌های تابش خورشیدی که به بالای جو زمین می‌رسد از امواجی با طول موج‌های متفاوت تشکیل می‌شود. از اشعه گاما و اشعه ایکس با طول موج کوتاه و فرکانس زیاد گرفته تا امواج بلند رادیویی با فرکانس کم، جزء این امواج است. تمام این امواج به سطح زمین نمی‌رسد.

خورشید دارای تشعشعات با طول موج‌های مختلفی است که در شکل ۸-۶ نشان داده شده است. طول امواج را با میکرون (M) اندازه می‌گیرند (میکرون یک میلیونیم متر است). اشعه گاما خورشیدی که با طول موجی کمتر از ۰/۱۲ میکرون است، اکثراً توسط اکسیژن و نیتروژن در ارتفاعی بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر از سطح زمین جذب می‌شود. مقداری از اشعه گاما و اشعه ایکس با طول موج‌هایی بین ۰/۱۸-۰/۱۲ میکرون در ارتفاعی بالاتر از ۵۰ کیلومتر از سطح زمین توسط اکسیژن جذب می‌شود و شعاع‌های با طول موج ۰/۳۰-۰/۱۸ میکرون که غالباً از نوع اشعه ماورای بنفش است در ارتفاع بین ۵۰-۲۵ کیلومتری سطح زمین توسط لایه ازن جذب می‌شود. قسمتی از امواج با طول موج‌های ۰/۳۴-۰/۳ میکرون نیز توسط ازن جذب می‌شود. امواجی با



شکل ۸-۶ طیف امواج الکترومغناطیسی.

طول موج‌های بین 0.34 میکرون تا 0.71 میکرون تقریباً بدون تلف شدن به سطح زمین می‌رسد. آن مقدار از اشعه تابشی خورشید که توسط گازها جذب نشده است، پراکنده می‌شود. قسمتی از این اشعه پراکنده شده به صورت اشعه تجزیه شده انعکاسی به فضا باز می‌گردد و قسمتی نیز به صورت اشعه تجزیه شده خورشیدی به زمین می‌رسد. بنابراین، انرژی که به سطح زمین می‌رسد از نظر کمیت و کیفیت با انرژی که از خورشید خارج می‌شود و با انرژی که به سطح آتمسفر زمین می‌رسد تفاوت دارد.

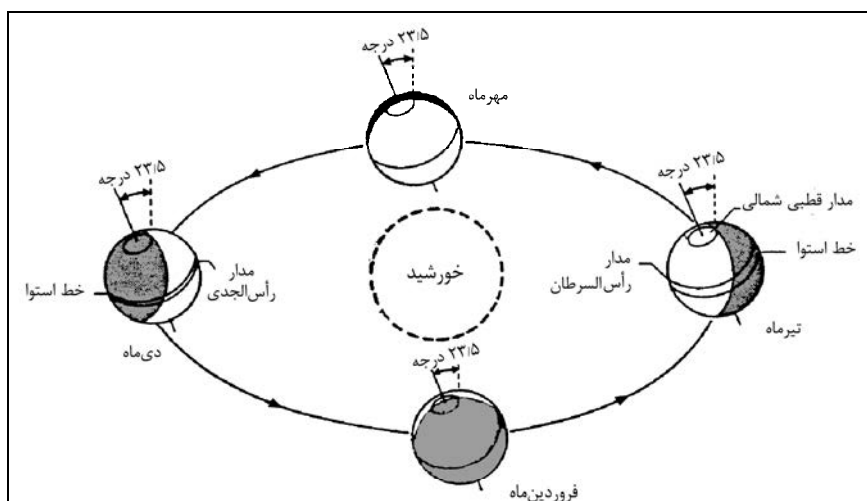
اگر خورشید مستقیماً بر فراز نقطه‌ای باشد که تابش اشعه بر آن نقطه عمودی باشد، حداکثر انرژی خورشیدی نیز در آن نقطه دریافت می‌گردد. هر قدر از این نقطه در سطح کره دورتر شویم و هر قدر حالت تابش اشعه خورشید مایل تر باشد میزان کمتری از انرژی خورشیدی دریافت می‌شود. به عبارت دیگر، وقتی خورشید مایل می‌تابد ضخامت آتمسفری که باید طی کند بیشتر می‌شود و در نتیجه نور کمتری به زمین می‌رسد (شکل ۹-۶).



شکل ۹-۶ تفاوت میزان اشعه تابش دریافت شده نسبت به عرض جغرافیایی.

مدار بیضی شکل گردش زمین به دور خورشید باعث می‌شود که فاصله بین دو نقطه "آ" و "ب" در شکل ۱۰-۶ حدود ۱٫۷٪ از متوسط ۱۴۹٫۶ میلیون کیلومتر تفاوت کند و زمین در اولین روزهای دی‌ماه دورترین فاصله خود را نسبت به خورشید و در اولین روزهای تیرماه نزدیکترین فاصله را نسبت به خورشید دارد. این اختلاف فاصله حدود ۳٫۴٪ اختلاف در میزان اشعه تابشی دریافتی به وجود می‌آورد.

انحراف محور چرخشی زمین باعث به وجود آمدن فصول می‌شود. اختلاف زاویه حتی در هنگام گردش زمین به دور خورشید نیز ثابت است. نیمکره شمالی در طی مدت تابستان به طرف خورشید متمایل است (شکل ۱۰-۶). در اول تیرماه، اشعه عمودی خورشید و در نتیجه بیشترین میزان اشعه تابشی خورشید به منطقه حاره شمالی تا مدار رأس السرطان (۲۳٫۵ درجه عرض شمالی) برخورد می‌کند. در همان روز خورشید در تمام مدت ۲۴ ساعت بر فراز منطقه منجمد شمالی (مدار قطبی شمالی و نقطه قطب) تا ۶۶٫۵ درجه عرض شمالی می‌درخشد. در حالی که زمین به گردش خود با اختلاف زاویه ثابت محورش نسبت به سطح قائم ادامه می‌دهد، نیمکره جنوبی کم کم رو به خورشید قرار می‌گیرد. در اول دی‌ماه اشعه خورشید به صورت عمودی بر منطقه حاره جنوبی



شکل ۱۰-۶ اختلاف در میزان دریافت انرژی خورشید به دلیل انحراف محور چرخشی زمین.

تامدار رأس الجدی (۲۳/۵ درجه عرض جنوبی) می‌تابد. در این روز خورشید در تمام مدت ۲۴ ساعت بر فراز منطقه منجمده (مدار قطبی جنوب و نقطه قطب) می‌تابد. منطقه استوا دوبار در سال (اول فرودین و اول مهرماه) حداکثر اشعه تابشی مستقیم خورشید را دریافت می‌کند. در این دو روز در نیمکره شمالی و جنوبی طول مدت شب و روز مساوی است. علاوه بر این، به علت چرخش زمین حول محور خودش که باعث به وجود آمدن شب و روز می‌شود، میزان اشعه تابشی دریافت شده در یک منطقه معین متفاوت می‌شود.

بخش دیگر انرژی یعنی انرژی حرارتی است و هر ماده‌ای براساس ماهیت خودش از خود تشعشعات حرارتی ساطع می‌کند. براساس قانون استفن بولتزمن هر ماده‌ای که دمای آن از صفر مطلق (-273°C) بیشتر باشد از خودش انرژی پخش می‌کند. خاک و آب و پوشش گیاهی و همچنین ابر که سهم قابل ملاحظه‌ای در فرستادن انرژی گرمایی از بالا به طرف اکوسیستم‌ها دارند از این قانون مستثنی نیستند.

بدیهی است که تابش‌های حرارتی در تمام مدت شبانه‌روز و در تمام جهت‌ها در اکوسیستم منتشر می‌شود. درحالی‌که بخش خورشیدی تابش‌های مزبور جهت یافته است و فقط روزها می‌تابد. بنابراین، جانوران یا گیاهانی که در محیط‌های آزاد هستند، در هر شبانه‌روز فصل تابستان ممکن است در معرض جریان گرمایی از بالا و پایین به‌میزانی چندین برابر انرژی که مستقیماً از آفتاب به آنها می‌رسد قرار گیرند. علاوه بر این، وزن زنده گیاه و جانور تابش گرما را خیلی بیشتر از تابش خورشید جذب می‌کند. تغییرات روزانه تابش دارای اهمیت اکولوژیکی قابل توجهی است. در مناطقی مثل بیابان‌ها جریان روزانه تابش چندبرابر بیشتر از جریان شبانه همان مناطق می‌باشد. در صورتی که در عمق جنگل‌های حاره یا در آب‌های عمیق اختلاف شب و روز زیاد نیست. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آب و موجود زنده تغییرات محیط انرژی را تخفیف داده و فشار شرایط زیست را کاهش می‌دهند.

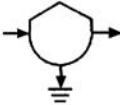
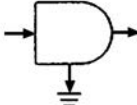
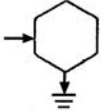
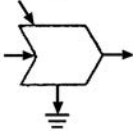
اختلاف بین تمام تابش‌هایی که از بالا به طرف اکوسیستم می‌آیند منهای تابش‌هایی که به‌بالا می‌روند تابش خالص^۱ نامیده می‌شود. تابش خالص در اکوسیستم‌های مختلف نقاط مختلف زمین متفاوت است. انرژی عظیمی که تابش خالص را تشکیل می‌دهد بر روی کره زمین پخش می‌شود، آب را بخار می‌کند، بادهای حرارتی را به وجود می‌آورد و بالاخره به صورت گرما به فضا پخش می‌شود تا کره زمین از نظر انرژی به‌طور کلی، در حالت تعادل تقریبی باشد. این تابش خالص که در هر اکوسیستمی وجود دارد صرف تولید شده و یا به صورت باد و گرم کردن و تبخیر آب و غیره، در نهایت خارج می‌شود. به‌طوری‌که بین ورود انرژی و خروج انرژی تعادل برقرار شود.

سیر انرژی در اجزای زنده اکوسیستم زمین

سیر انرژی در اجزای زنده اکوسیستم برای بقای حیات موجودات و از جمله انسان اهمیت زیادی دارد. کمتر از ۱٪ انرژی خورشید پس از رسیدن به پوشش گیاهی طی فتوسنتز تثبیت می‌شود. برطبق نظر وودول^۲ فقط

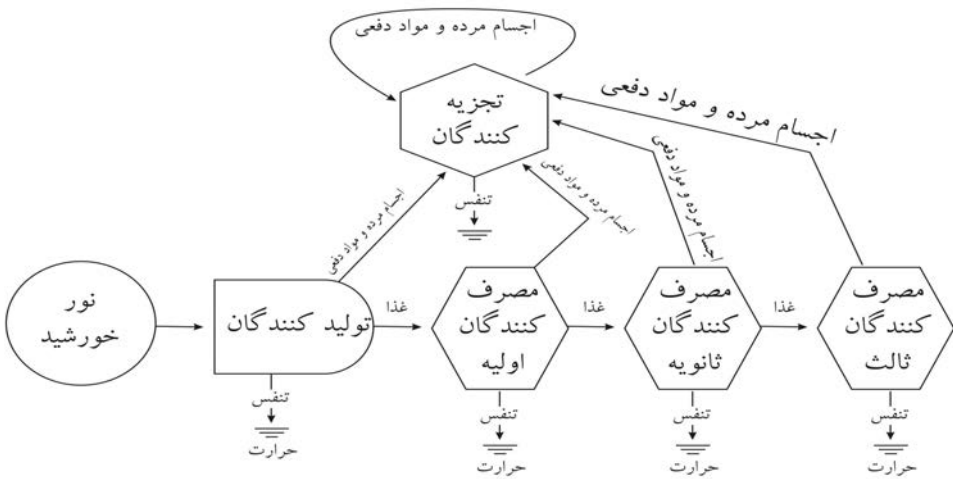
1. Net radiation
2. Woodwell, 1970

جدول ۶-۲ نمونه‌هایی از علائمی که در ترسیم دیاگرام‌های جریان انرژی به‌کار برده می‌شوند.

مفهوم	علائم
منبع انرژی از خارج سیستم مثل نور خورشید یا سوخت فسیلی	
واحد ذخیره انرژی (چوب و بقایای غیرزنده انواعی از ذخایر انرژی اکوسیستم هستند)	
تخلیه حرارتی (این علامت ازدست‌رفتن انرژی به‌صورت حرارت را نشان می‌دهد).	
سیستم تولید در اکوسیستم‌ها (اتوترون‌ها)	
سیستم مصرف در اکوسیستم‌ها (هتروتروف‌ها)	
اثرمتقابل تداخل دو یا چند مسیر انرژی	

۰٫۰۱٪ انرژی دریافتی زمین از خورشید در طی فتوسنتز ذخیره و به سیستم‌های زنده هدایت می‌شود. سیر انرژی در اکوسیستم را می‌توان با علائمی نشان داد. برخی از علائمی که برای این منظور استفاده می‌شوند در جدول ۶-۲ آورده شده است.

از انرژی که در طی فتوسنتز به‌صورت ترکیبات آلی در گیاهان ذخیره شده، مقداری صرف تنفس رشد و نگهداری گیاهان می‌شود که به‌صورت گرما به محیط وارد می‌شود. مصرف‌کنندگان اولیه^۱ یا علفخواران^۲ گیاهان را می‌خورند. مقداری از انرژی به‌دست‌آمده صرف رشد، ایجاد بافت‌های جدید، تولیدمثل و ایجاد اجزای جدید گردیده و بدین‌صورت ذخیره می‌شود. مقداری هم صرف ترمیم بافت‌ها، حرکت و دیگر فعالیت‌های علفخواران می‌شود. همانند انرژی تنفسی گیاهان، این انرژی نیز سرانجام به‌صورت گرما آزاد می‌شود. علفخواران مقدار انرژی قابل‌دسترس کمتری نسبت به گیاهان در اختیار دارند. زیرا از انرژی که در اختیار گیاهان است مقداری در تنفس از دسترس خارج می‌شود. بعضی قسمت‌های گیاه مرده و قبل از

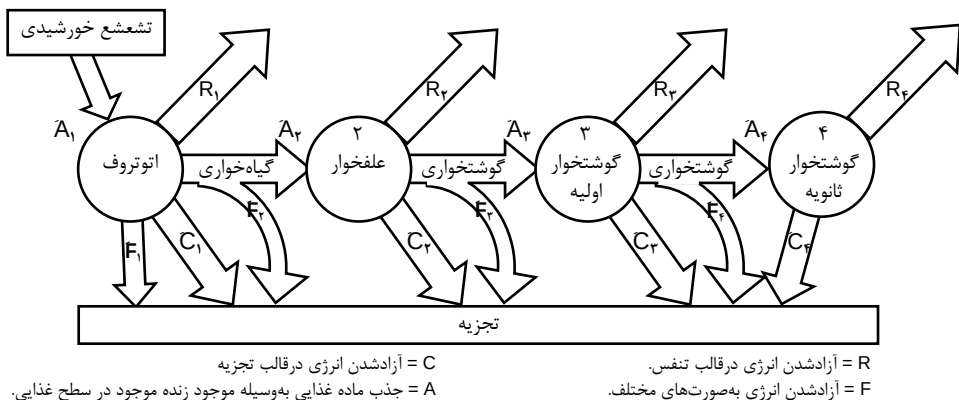


شکل ۱۱-۶ جریان انرژی در یک اکوسیستم.

آنکه توسط علفخواران مصرف شوند غذای تجزیه کنندگان می شود. قسمت زیادی از برگ و شاخه گیاهان برای علفخواران غیرقابل هضم است. این بقایای غیرقابل هضم دارای انرژی بوده و عمدتاً به فرم مدفوع غذای تجزیه کنندگان دیگر می شوند. نمونه ای از الگوی سیر انرژی در جوامع در شکل ۱۱-۶ نشان داده شده است. گوشتخواران^۱ یا مصرف کنندگان ثانویه^۲، انرژی شان را از علفخواران می گیرند. آنها بافت های قابل هضم علفخواران را برای ایجاد سلول ها و بافت ها و افراد جدید مصرف کرده و انرژی مصرفی در تنفس را برای انجام این فعالیت ها به کار می برند. البته انرژی قابل دسترس گوشتخواران مقدار کمتری از انرژی قابل دسترس علفخواران است. زیرا مقداری انرژی از طریق مواد غیرقابل هضم توسط گوشتخواران از دسترس خارج شده و مقداری برای نگهداری خود علفخواران مصرف می شود و همچنین همانند مصرف کنندگان اولیه، مصرف کنندگان ثانویه راندامان کاملی در استفاده از غذای قابل دسترس و نیز هضم مواد ندارند. مصرف کنندگان ثالث^۳ غذایشان را از مصرف کنندگان ثانویه به دست می آورند. مصرف کنندگان چهارم^۴ چنانچه وجود داشته باشند، غذایشان را از مصرف کنندگان ثالث به دست می آورند.

به عنوان مثال، متوسط مقدار انرژی خورشید در یک مترمربع زمین در ایالات متحده در حدود ۱/۵ میلیون کیلوکالری در سال است. اما تنها مقدار کمی از این انرژی در فتوسنتز تثبیت می شود که عموماً ۱٪ در نظر گرفته می شود. بنابراین، در حدود ۱۵۰۰۰ kcal انرژی خورشید طی پدیده فتوسنتز تثبیت می شود. اگر ۴۰٪ آن به وسیله تنفس گیاهان مصرف شود در نتیجه حدود ۶۰٪ از ۱۵۰۰۰ kcal به صورت وزن زنده ذخیره می شود. بنابراین، از ۱/۵ میلیون کیلوکالری حدود ۹۰۰۰ kcal انرژی پتانسیل قابل دسترس برای مصرف کنندگان اولیه

1. Carnivores
2. Secondary Consumers
3. Tertiary Consumers
4. Quaternary Consumers



شکل ۱۲-۶ سیر انرژی بین مصرف‌کنندگان مختلف.

است. تمام بافت‌های گیاهی اکوسیستم توسط چرندگان مصرف نمی‌شود و معمولاً کمتر از ۲۰٪ آن مصرف می‌شود. بدین ترتیب، این مواد گیاهی مرده به زنجیره تجزیه‌کنندگان می‌رود. بنابراین، چنانچه مقدار آن‌را ۲۰٪ در نظر بگیریم، در حدود ۱۸۰۰ kcal مواد گیاهی به وسیله علفخواران یا مصرف‌کنندگان اولیه مصرف می‌شود. از این مقدار عموماً ۱۰٪ در علفخواران ذخیره شده و قابل دسترس مصرف‌کنندگان ثانوی است. ۹۰٪ دیگر صرف نگهداری علفخواران شده و به صورت گرما از دسترس خارج شده یا به صورت بقایا و مواد دفعی به تجزیه‌کنندگان می‌رسد. بنابراین، از ۱۸۰۰ kcal مواد گیاهی خورده‌شده توسط علفخواران حدود ۱۸۰ kcal به وزن زنده تبدیل می‌شود. اگر فرض کنیم که مصرف‌کنندگان ثانویه اندکی راندمان بیشتری در استفاده از مواد قابل دسترس داشته باشند، یعنی راندمان‌شان ۲۰ تا ۳۰٪ باشد، بنابراین از ۱۸۰ kcal حدود ۵۴ kcal به آنها خواهد رسید. اگر راندمان سطح بعدی را همان ۱۰٪ در نظر بگیریم از این ۵۴ kcal در انتها ۵/۴ kcal در این گوشتخواران به صورت پروتوپلاست جدید ذخیره خواهد شد. اگر فرض کنیم که به آنها ۳۰٪ رسیده و ۱۰٪ مصرف شده باشد بنابراین غذای قابل دسترس ۱/۶ kcal بوده و قادر خواهد بود که ۱۶ kcal٪ وزن زنده جدید تولید نماید.

در ارتباط با سیر انرژی در بخش‌های زنده اکوسیستم برخی از مهمترین نتایجی که توسط دانشمندان به صورت قوانین کلی درآمده به شرح زیر هستند:

۱. از کل انرژی که وارد اکوسیستم می‌شود به طور متوسط حدود ۱٪ به صورت تولید ناخالص درمی‌آید. اگرچه این مقدار کم به نظر می‌رسد ولی حیات وابسته به آن است.
۲. از مقدار تولید ناخالص به طور متوسط حدود ۵۰٪ را خود تولیدکنندگان صرف فعالیت‌های زیستی می‌کنند.
۳. مقدار انرژی که از یک سطح غذایی به سطح غذایی بعدی منتقل می‌شود حدود ۱۰ تا ۲۰٪ است یعنی ۱۰ تا ۲۰٪ انرژی موجود در یک سطح به سطح بعدی می‌رسد.

اگرچه بخش بسیار کوچکی معادل فقط یک درصد تابش خورشید در عمل فتوسنتز تثبیت می‌شود و مبنای چرخه‌های حیات قرار می‌گیرد و زندگی بدون آن مفهومی ندارد، با این وجود، ۹۹٪ بقیه انرژی خورشید تلف نمی‌گردد؛ بلکه در فرایندهای دیگری مثل چرخه آب و مواد و متعادل کردن دمای محیط در حد تحمل پروتوپلاست سلول‌های موجودات زنده، مصرف می‌شود. جریان انرژی فوق برای ادامه زندگی اهمیتی معادل غذا دارد. بنابراین، قبل از آنکه در جهت ازدیاد قابل ملاحظه در استفاده از خورشید^۱ کوشش کنیم، نباید قانون اول ترمودینامیک (بقای انرژی) را فراموش کنیم. زیرا انحراف انرژی از یک مسیر مترادف با کاهش آن از مسیرهای دیگر است و چه بسا که مسیرهای مزبور برای ادامه زندگی اکوسیستم نقش حیاتی تری برعهده داشته باشند.

بیوماس یا زیست توده

بیوماس^۲ عبارت است از کل وزن زنده موجودات زنده یک اکوسیستم در هر زمان. به عبارت دیگر، مقدار انرژی که در هر سطح غذایی ذخیره می‌شود، به عنوان بیوماس آن سطح غذایی نامیده می‌شود. بیوماس ارتباط نزدیکی با محصول سرپا^۳ دارد. به آن مقدار بیوماسی که قابل اندازه گیری باشد محصول سرپا گفته می‌شود. به عبارت دیگر، به کل مواد آلی زنده‌ای که در هر زمان در اکوسیستم قابل اندازه گیری باشد محصول سرپا اطلاق می‌شود. به عنوان مثال، کل وزن ریشه، ساقه، برگ، گل و میوه یک گیاه را در زمان اندازه گیری به نام بیوماس آن درخت می‌نامند. اما معمولاً خارج کردن تمام ریشه‌های درخت کار بسیار مشکلی است. در صورتی که محصول سرپا به قسمت‌های قابل اندازه گیری آن درخت گفته می‌شود. تولید میزان جریان یا ذخیره انرژی را نشان می‌دهد و بایستی واحد زمان را در آن در نظر گرفت ($\text{kcal/m}^2/\text{yr}$). اما محصول سرپا و بیوماس به صورت لحظه‌ای و در زمان مشخص در یک اکوسیستم تعیین گردیده و تغییرات تولید را در زمان مشخص نشان نمی‌دهد (kcal/m^2). بایستی توجه داشت که محصول سرپا و وزن زنده با قابلیت تولید در اکوسیستم اشتباه نشود. معمولاً نمی‌توان تولید اکوسیستم را از روی اطلاعات مربوط به محصول سرپای آن اندازه گرفت؛ مگر در مواردی که مقدار محصول سرپا قابل ملاحظه بوده و برای مدتی بدون اتلاف برروی هم انباشته گردد (مانند محصولات کشاورزی). در مورد موجودات کوچک که زمان بازسازی کوتاهی دارند اطلاعات مربوط به محصول سرپا و یا وزن زنده بسیار گمراه کننده است. زیرا این موجودات با همان سرعتی که تولید می‌شوند به وسیله دیگران مصرف می‌گردند و یا حتی می‌میرند. بنابراین، محصول سرپا در هر زمان، ممکن است بسیار اندک باشد. اما باردهی یا تولید این سیستم بسیار زیاد باشد. محصول سرپا در یک مرتع حاصلخیز که چرا توسط دام در آن انجام شده باشد به مراتب کمتر از مرتع فقیر خواهد بود ولی این به معنی کم باردهی و کم تولیدی مرتع چریده شده و حاصلخیزی مرتع فقیر نمی‌باشد.

1. Harvest of the sun
2. Bioimass
3. Stunding crops

انرژی کمکی

هرگونه انرژی که وارد سیستم شده و هزینه خود نگهداری داخلی سیستم را کاهش دهد انرژی کمکی^۱ نامیده می‌شود. انسان برای بهره‌برداری بیشتر از سیستم‌های طبیعی با استفاده از فرایندهای خاصی و با کمک منابع غنی انرژی مثل سوخت‌های فسیلی و انرژی اتمی، گیاهان و جانوران را به انجام فعالیت‌های ویژه‌ای وادار کرده است. زراعت، باغداری، دامپروری، کشت جلبک و غیره همه با مصرف انرژی‌های کمکی زیادی انجام می‌شود درحالی‌که سیستم‌های گذشته خودبه‌خود بدون وابستگی به انرژی‌های کمکی تولید داشته‌اند. تولید زیاد در محصولات کشاورزی هنگامی به‌دست می‌آید که مقدار زیادی انرژی، در کشت‌وکار، آبیاری، کوددادن، سوخت ماشین‌های کشاورزی، اصلاح نباتات و بذور اصلاح‌شده و کنترل آفات و امراض، تولید کودها و سموم شیمیایی وارد گردد.

گاهی ممکن است یک عامل در شرایطی تولید را کم کند و انرژی را از دسترس خارج کند. مانند تبخیر و تعرق که ممکن است در اقلیم‌های خشک باعث اتلاف انرژی شود، اما در اقلیم‌های بارانی مفید باشد. یک عامل ممکن است در بعضی شرایط به‌عنوان انرژی کمکی باشد و در برخی شرایط کمکی نباشد. شخم‌زدن خاک در مناطق شمالی انرژی کمکی است؛ درحالی‌که در مناطق جنوبی موجب آشفته‌ی مواد غذایی می‌گردد که خود تأثیر منفی دارد. بنابراین، بایستی توجه داشته باشیم که انرژی‌های کمکی همیشه در جهت افزایش تولید خالص عمل نمی‌کنند.

تولید در اکوسیستم

چنانچه قبلاً گفته شد تولید^۲ فرایندی است که طی آن مواد معدنی با استفاده از انرژی تبدیل به مواد آلی می‌شود. به‌عبارتی دیگر تولید عبارت است از آن مقدار انرژی که از طریق فتوسنتز یا شیمیوسنتز توسط تولیدکنندگان خصوصاً گیاهان سبز به‌صورت مواد آلی ذخیره‌شده و می‌تواند به‌عنوان غذا مورد استفاده موجودات زنده قرار گرفته و منبع انرژی آنها باشد. در رابطه با تولید در اکوسیستم اصطلاحات متعددی وجود دارند که بایستی ابتدا آنها را بررسی نمود.

مقدار کل مواد آلی (انرژی) که تولیدکنندگان یک اکوسیستم در یک دوره اندازه‌گیری می‌سازند (تثبیت می‌کنند) و یا به‌عبارتی ذخیره کل انرژی که توسط اتوتروف‌ها در یک اکوسیستم ذخیره می‌شود، تولید ناخالص اولیه^۳ (GPP) نامیده می‌شود. در اکثر اکوسیستم‌ها تولید ناخالص اولیه معادل با فتوسنتز کل یا جذب کل^۴ است. اتوتروف‌ها (گیاهان) نیز خودشان مقادیر قابل توجهی از این انرژی را در تنفس مصرف می‌کنند. انرژی ذخیره‌شده بعد از تنفس^۵ (R) گیاهان اصطلاحاً تولید خالص اولیه^۶ (NPP) گفته می‌شود. بنابراین، تولید ناخالص اولیه برابر است با تولید خالص اولیه به‌علاوه تنفس اتوتروف‌ها و یا:

$$GPP = NPP + R$$

1. Auxiliary or subsidiary energy

2. Production

3. Gross Primary Production (GPP)

4. Total assimilation

5. Respiration (R)

6. Net primary production (NPP)

بنابراین، تولید خالص اولیه عبارت است از مقدار ماده آلی (انرژی) که در پایان دوره اندازه گیری در بافت های تولید کنندگان باقی می ماند و در حقیقت مقدار انرژی که مازاد بر تنفس تولید کنندگان در طی دوره اندازه گیری معینی باقی می ماند تولید خالص اولیه است. به این نوع از تولید فتوسنتز ظاهری^۱ یا جذب خالص^۲ نیز گفته می شود. تولید ناخالص اولیه، کل فتوسنتز در یک دوره زمانی خاص است. میزان تولید^۳ عبارت است از تولید در واحد زمان. این دوره زمانی ممکن است یک سال مناسب باشد و ممکن است فصل رشد در نظر گرفته شود. برای آنالیزهای فشرده در بعضی اکوسیستم ها دوره زمانی را روز در نظر می گیرند.

ذخیره انرژی در سطوح مصرف کنندگان اکوسیستم به تولید ثانویه^۴ (SP) مربوط است. به عبارت دیگر، تولید ثانویه برای سطوح غذایی غیرنیتروژ تولید کنندگان به کار برده می شود و عبارت است از مقدار مواد آلی که در سطوح غذایی بعد از تولید کنندگان در یک دوره مشخص ذخیره می شود. به عبارت دیگر، نسبت های ذخیره شدن انرژی در سطوح مختلف مصرف کننده را تولید ثانویه آن سطح می گویند. تولید ثانویه اساساً با تولید اولیه متفاوت است. تولید اولیه ماده آلی جدیدی است که واقعاً به وجود آمده است. مصرف کنندگانی مثل موش و گربه بافت های جدیدی تولید می کنند. اما آنها ماده آلی نمی سازند بلکه ماده آلی ساخته شده توسط تولید کنندگان اولیه را مصرف می کنند. معمولاً اصطلاحات ناخالص و خالص در تولید ثانویه به کار برده نمی شوند. تولید ثانویه به بیوماس جدید در سطح غذایی مصرف کنندگان مربوط می شود که عبارت است از انرژی ذخیره شده بعد از کم کردن تنفس مصرف کنندگان.

جذب یا انرژی جذب شده اصطلاحی است که معمولاً در مورد تولید ناخالص اولیه مصرف کنندگان به کار برده می شود و عبارت است از:

انرژی مدفوع و مواد دفعی - انرژی ناخالص جذب شده = جذب

تولید خالص جامعه^۵ (NCP) عبارت است از میزان مواد آلی که پس از تنفس کلیه موجودات اکوسیستم (جامعه) در اکوسیستم باقی می ماند. به عبارت دیگر، به میزان ذخیره شدن مواد آلی مازاد بر تغذیه هتروتروف ها (یعنی تولید خالص اولیه منهای مصرف هتروتروف ها) در مدت معینی که معمولاً یک فصل رویش یا یک سال است گفته می شود. ارتباط بین تولید خالص و ناخالص را می توان به صورت شکل ۱۳-۶ نشان داد.

شاخص سطح برگ^۶ (LAI) که عبارت است از سطح برگ به سطح زمینی که توسط برگ ها پوشیده شده است ($\frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^2}$) نیز گاهی توسط اکولوژیست ها برای بررسی تولید مورد استفاده قرار می گیرد. وقتی که شاخص سطح برگ در حدود ۴ است (یعنی سطح کل برگ هایی که در معرض نور هستند چهار برابر سطح خاک باشد)، تولید خالص حداکثر است. اما اگر شاخص همچنان که در جنگل های بالغ دیده می شود به ۸ تا

1. Apparent photosynthesis

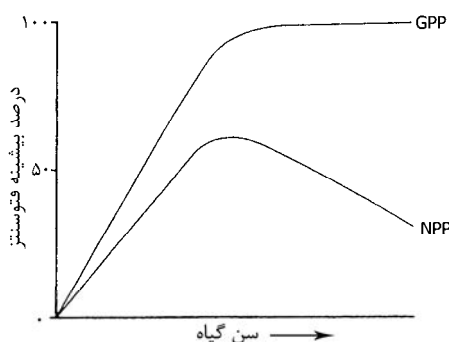
2. Net assimilation

3. Production rate

4. Secondary Production (SP)

5. Net community production

6. Leaf Area Index



شکل ۶-۱۳ ارتباط تولید ناخالص اولیه (GPP) و تولید خالص اولیه (NPP) در برابر افزایش شاخص سطح برگ

۱۰ برسد تولید ناخالص حداکثر می‌شود. کاهش تولید خالص در شاخص‌های سطح برگ بالاتر به دلیل خسارت ناشی از تنفس که لازمه داشتن حجم زیاد برگ و بافت‌های نگهدارنده آن است می‌باشد. به طور خلاصه، طبیعت ناخالص را به حداکثر می‌رساند و انسان تولید خالص را حداکثر می‌نماید.

اندازه‌گیری تولید اکوسیستم

روش‌های اندازه‌گیری تولید سیستم‌های اکولوژیکی اهمیت زیادی در مطالعه آنها دارد. بهترین روش اندازه‌گیری تولید هر اکوسیستمی اندازه‌گیری میزان جریان انرژی در آن است. لیکن اندازه‌گیری جریان انرژی به صورت مستقیم مشکل است و بیشتر اندازه‌گیری‌ها به طور غیرمستقیم انجام می‌شوند. برخی از روش‌هایی که عملاً برای سنجش تولید به کار می‌روند عبارت‌اند از:

(الف) روش برداشت

این روش در شرایطی که جانوران گیاهخوار اهمیتی ندارند، ممکن است استفاده شود و ساده‌ترین روش است. اما مشکلاتی دارد که عبارت‌اند از:

۱. بعضی از قسمت‌های گیاهان به دلیل موقتی بودن ممکن است در زمان نمونه‌برداری وجود نداشته باشند. مثلاً در بعضی از چمن‌زارها برگ‌های قسمت‌های پایین گیاه قبل از گلدهی مرده و می‌افتند. بنابراین، در تکنیک‌های اندازه‌گیری تولید خالص این قسمت‌ها در نظر گرفته نخواهد شد.
۲. اندازه‌گیری ذخیره بیوماس جدید در ریشه و قسمت‌های زیرزمینی گیاهان چندساله کار دشواری است.
۳. تصحیح لازم در مورد قطع کردن بیوماس یا اثر چرا دشوار است. زیرا چرانیدن یا قطع کردن می‌تواند تولید گیاهان را تحریک نماید. به عبارت دیگر، اندازه‌گیری اثر این تحریک مشکل خواهد بود.
۴. استفاده مصرف کنندگان اولیه خاصی مثل انگل‌ها و سایر همزیست‌ها از تولید اولیه، اندازه‌گیری را مشکل می‌کند.

در هر حال، تعیین تولید خالص اولیه^۱ با ویژگی‌های زیادی با انرژی اکوسیستم مقایسه شده و نقطه شروع بسیاری از مطالعات جریان انرژی است. بنابراین، اندازه‌گیری آن لازم است. روش برداشت در اکوسیستم‌های زراعی دارای محصولات یک‌ساله قابل استفاده است. زیرا از تغذیه حشرات و سایر جانوران در طی رشد گیاهان تا حد زیادی جلوگیری می‌شود و تولید در هنگام کاشت بذر صفر بوده و در زمان برداشت محصول به‌حداکثر می‌رسد. استفاده از این روش در مناطقی که غذای تولیدشده در طی تولید برداشت می‌شود (مثل بسیاری از جوامع طبیعی) میسر نیست. اگر مصرف‌کنندگان از جانوران بزرگ با عمر طولانی باشند می‌توان میزان تولید را با برداشت مصرف‌کنندگانی که غذا را به نسبت ثابت مصرف می‌کنند محاسبه کرد و بدین ترتیب تولید اولیه را از روی تولید ثانویه تخمین می‌زنند. دامپروران و مرتع‌داران از چنین روشی استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، تولید یک مرتع زمستانی را می‌توان با تعداد دامی که در سطح معینی نگهداری می‌شوند (با سطحی از زمین که برای تغذیه یک واحد دامی کافی است) بیان کرد. از آنجایی که روش برداشت شامل غذای مصرفی توسط خود گیاهان و جانوران و میکروارگانیسم‌ها نمی‌شود، این روش همیشه تولید خالص جامعه را اندازه‌گیری می‌کند. اگر غذای مصرفی توسط جانوران و میکروارگانیسم‌ها را بتوان تخمین زد، با استفاده از شاخص‌های تصحیح‌کننده‌ای می‌توان تولید خالص را محاسبه کرد.

واحدهای انرژی و وزن (بیوماس) دو راه بیان تولید هستند و هر دو می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. زیرا انرژی در اجزای زنده که همان بیوماس می‌باشد ذخیره شده است. وزن خشک به این دلیل اهمیت دارد که میزان رطوبت موجود زنده تا حد زیادی بسته به شرایط محیطی فرق می‌کند.

مقدار انرژی موجود در مواد تشکیل‌دهنده گیاه یا حیوان را به وسیله سوزاندن در یک کالری متر و اندازه‌گیری میزان گرمای خارج شده می‌توان محاسبه کرد. این عمل تا به حال در مورد بسیاری از گیاهان و مواد حیوانی انجام شده است. میزان گرمای دفع شده در هر گرم ماده گیاهی که در آون خشک شده است در حدود ۴ تا ۴/۵ kcal بوده است. در هر گرم وزن خشک ماده حیوانی معمولاً ۵ تا ۵/۵ kcal به دست آمده است. با استفاده از این اعداد می‌توان از وزن به انرژی و از انرژی به میزان وزن دست یافت. برخی از لیمنولوژیست‌ها ارقام مربوط به تولید را به صورت گرم کربن (gC) محاسبه می‌کنند. حدود نیمی از وزن خشک مواد موجود زنده را کربن تشکیل می‌دهد و نیم دیگر هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و مواد معدنی مختلف است. بدین ترتیب، هر گرم کربن معادل ۲ گرم وزن موادی است که در آون خشک شده است.

(ب) اندازه‌گیری اکسیژن

چون بین ایجاد اکسیژن و تولید غذا ارتباط وجود دارد مصرف اکسیژن را می‌توان مبنای تشخیص تولید اکوسیستم قرار داد. لیکن در بیشتر موارد جانوران و باکتری‌ها و نیز خود گیاهان به سرعت اکسیژن تولیدشده را مصرف می‌کنند. علاوه بر این، مقداری از اکسیژن تولیدشده، با محیط‌های دیگر تبادل گازی می‌شود. برای برآورد تولید اولیه جوامع آبی، میزان تولید اکسیژن را با روش "بطری روشن و تاریک"^۲ اندازه‌گیری

1. Annual net production

2. Light. and – dark bottle technique

می‌کنند. نمونه آب اعماق مختلف را در بطری‌های جفت قرار می‌دهند. یکی از بطری‌ها (بطری تاریک) را با نوار سیاه یا ورقه آلومینیوم می‌پوشانند که از ورود نور به کلی جلوگیری کند. مجموع مقدار اکسیژن تولید شده در بطری روشن و اکسیژن مصرف شده در بطری تاریک، میزان کل تولید اکسیژن را نشان می‌دهد و تخمینی از تولید اولیه است که قابل تبدیل به کالری است. روش "بطری روشن و تاریک" که در سال ۱۹۲۷ برای اولین بار توسط گاردن و گران^۱ ابداع شد در محیط‌های آب دریا و آب شیرین بسیار به کار می‌رود. مقدار اکسیژن حل شده را با روش وینکلر^۲ از راه عیارسنجی یا به یکی از چند روش کاربرد الکتروود اکسیژنی از راه الکترونی نیز می‌سنجند. در روش وینکلر اکسیژن را با سولفات منگنز و اسیدسولفوریک (H_2SO_4) و $(MnSO_4)$ و یدور قلیایی تثبیت می‌کنند و عنصر ید به نسبت اکسیژن آزاد می‌گردد. ید را با تیوسولفات سدیم به غلظتی مناسب جهت تخمین میزان اکسیژن به واحد میلی گرم در لیتر یا گرم در مترمکعب یا قسمت در میلیون (ppm) عیارسنجی می‌کنند.

تولید اکسیژن برخی از اکوسیستم‌های آبی را می‌توان با "روش منحنی روزانه"^۳ نیز اندازه‌گیری کرد. در این روش مقدار کل اکسیژن محلول در آب را به فاصله‌هایی در تمام شبانه‌روز اندازه می‌گیرند. به طوری که تولید روزانه اکسیژن و مصرف شبانه آن با تعیین سطح زیر منحنی روزانه تخمین می‌زنند. از این روش به خصوص در مورد سیستم‌های آب جاری مثل جویبارها یا مصب‌ها استفاده می‌شود و برای آب‌های آلوده بسیار مناسب است. در موارد خاص مثلاً در دریاچه‌های عمیق نواحی معتدل، تولید اکوسیستم با سنجیدن نسبت ناپدید شدن اکسیژن در آب‌های عمقی اندازه‌گیری می‌شود. زیرا که آب‌های مذکور نه اکسیژن تولید می‌کنند و نه در بخش عمده طول فصل رشد (تابستان) با آب‌های بالاتر مخلوط می‌شوند. بدین ترتیب، هر چه تولید آب‌های روشن سطحی بیشتر باشد مقدار بیشتری سلول مرده، اجساد، مدفوع و سایر مواد آلی به کف بستر آب سرازیر می‌شود و در آنجا بر اثر کنش باکتری‌ها و قارچ‌ها با استفاده از اکسیژن تجزیه می‌گردند. بنابراین، نسبت خالی شدن محیط از اکسیژن می‌تواند معیاری از میزان تولید باشد.

(ج) روش انیدرید کربنیک

در اکوسیستم‌های خاکی سنجش انیدرید کربنیک از اندازه‌گیری تغییرات اکسیژن عملی‌تر است. فیزیولوژیست‌ها از قدیم برای اندازه‌گیری فتوسنتز، جذب گاز کربنیک برگ‌ها یا تک‌تک گیاهان را سنجیده و ملاک عمل قرار می‌داده‌اند. لیکن دانشمندان زراعت و اکولوژی برای اندازه‌گیری تولید تمام جامعه دست نخورده، روش‌های مختلفی به کار برده‌اند. جامعه را در اطاقک‌های شفاف قرار داده و دنباله‌رو آزمایش ترانسو^۴ شده‌اند. یک شیشه زنگی شکل یا جعبه یا چادر پلاستیکی را روی جامعه قرار داده هوا به داخل محوطه مکیده می‌شود و غلظت گاز کربنیک در هوای ورودی و خروجی با یک دستگاه تجزیه‌کننده گازی مادون

1. Gaarder and Gran

2. Winkler

3. Diurnal curve method

4. Transeau, 1926

قرمز^۱ سنجیده می‌شود. اشکال این روش در این است که محفظه در حکم گلخانه بوده و به سرعت گرم می‌شود؛ مگر آنکه جریان هوا در آن برقرار بماند که این خود ممکن است بر نسبت فتوسنتز تأثیر بگذارد. بنابراین، اگر اندازه‌گیری درازمدت لازم باشد، استفاده از سردکننده‌ها با تهویه مطبوع نیاز خواهد بود. مطمئن‌ترین روش اندازه‌گیری میزان تولید جامعه‌های خاکزی روش آئروپنامیکی^۲ است. این روش از لحاظ محصورنکردن مصنوعی جامعه با روش منحنی‌های روزانه مشابه است. جریان انیدریدکربنیک را از فاصله‌ای در بالای کانوپی^۳ گیاه تا سطح خاک تخمین می‌زنند. اندازه‌گیری‌های فوق در طول شب عمودی تغییرات غلظت گاز انجام و از ضریب مناسبی برای تبدیل آن به میزان واقعی استفاده می‌شود. دستگاه سنجش مقدار گاز کربنیک نیز گاهی نصب می‌شود. مشاهده شده است که غلظت گاز کربنیک در لایه اتوتروفی اطراف کانوپی در مقایسه با هوای بالای جامعه تفاوت دارد. بدین معنی که هرچه فتوسنتز خالص بیشتر باشد مقدار گاز کربنیک کمتر است لیکن این میزان در سطح زمین با افزایش نسبت تنفس خاک و لاشبرگ افزایش می‌یابد. از شب تغییرات شبانه می‌توان برای تخمین جمع تنفس جامعه استفاده کرد. روش فوق تاکنون در مزارع و علفزارها و نیز سایر جامعه‌هایی که ساختمان ساده‌ای دارند به کار رفته است. هرچند که در مورد جنگل‌ها و محیط‌های دیگر نیز با مختصر تغییراتی از آن استفاده شده است.

(د) روش اندازه‌گیری اسیدیته

در اکوسیستم‌های آبی، اسیدیته آب به میزان گاز کربنیک محلول بستگی دارد و میزان گاز کربنیک خود با فتوسنتز افزایش و با تنفس کاهش می‌یابد. بایستی توجه داشت که اسیدیته و میزان گاز کربنیک ارتباط ندارند و درجه تغییر اسیدیته در قبال تغییر یک واحد گاز کربنیک بستگی به ظرفیت تامپونی دارد. این روش را مخصوصاً در مطالعه برخی اکوسیستم‌های آزمایشگاهی مفید دانسته‌اند.

(ه) اندازه‌گیری میزان ناپدیدشدن مواد خام

میزان تولید را نه تنها با نسبت تشکیل موادی مثل غذا و پروتوپلاست و نیز تبادل گازها می‌توان اندازه‌گیری کرد، بلکه با نسبت ناپدیدشدن مواد معدنی نیز قابل اندازه‌گیری است. در مورد عواملی مثل نیتروژن و فسفر که دائماً تهیه نمی‌شوند و سالی یک‌بار و یا چندسال یک‌بار تأمین می‌شوند، معمولاً نسبت کاهش غلظت آنها در طول مدت آزمایش نشان‌دهنده میزان تولید است. از این روش در مطالعه برخی اقیانوس‌ها در مواردی که فسفر و نیتروژن در زمستان انباشته شده‌اند استفاده شده است و نسبت مصرف آنها به وسیله فیتوپلانکتون‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است. روش مزبور را باید با دقت به کار برد زیرا نیروهای غیرزنده نیز ممکن است باعث ناپدیدشدن ماده گردند. با روش ناپدیدشدن مواد خام می‌توان میزان تولید خالص تمامی جامعه را سنجید.

1. Infrared gas analyser
2. Aerodynamic method
3. Canopy layer

(و) استفاده از مواد رادیواکتیو

استفاده از ردیاب‌ها در اکولوژی برای تعیین تولید مانند بسیاری از رشته‌های دیگر علوم امکانات جدیدی را به وجود آورده است. با به کار بردن مقدار معینی از ماده علامت‌گذاری شده می‌توان بدون اینکه اکوسیستم را آشفته نمایند نسبت انتقال را پیگیری نمود. یکی از معمولی‌ترین روش‌های سنجش میزان تولید گیاهان آبی به وسیله کربن چهارده رادیواکتیو است که به صورت کربنات به کار می‌رود. مقدار انیدرید کربنیک تثبیت شده در گیاه را می‌توان با شمارش حاصل از مواد رادیواکتیو به دست آورد. این روش تولید خالص را می‌سنجد و یا حداقل مقداری را می‌سنجد که به تولید خالص نزدیکتر از تولید ناخالص است.

جذب ماده رادیواکتیو ردیاب ظاهراً آن مقدار ماده آلی را که مازاد بر نیاز تنفسی است و در گیاه ذخیره می‌شود می‌سنجد. فسفر سی‌ودو نیز یکی از فسفرهای رادیواکتیو است که در بررسی چرخه فسفر استفاده زیادی می‌شود.

(ز) روش کلروفیل

اندازه‌گیری میزان کلروفیل تمامی جامعه‌های طبیعی برای سنجش میزان تولید با علاقه زیادی بررسی شده است. ممکن است به نظر برسد که محتوی کل کلروفیل جامعه‌های طبیعی، بیشتر از آنچه نشان‌دهنده تولید باشد، مبین میزان محصول گیاهان موجود است. لیکن با به کار بردن یک معیار مناسب، میزان کل کلروفیل یک جامعه کامل می‌تواند شاخصی برای تولید باشد.

ثبات انرژی در اکوسیستم

اگر مقدار انرژی جذب شده (فتوستز) به اندازه انرژی دفع شده (در طی تنفس در تمام سطوح غذایی) باشد وضعیت انرژی اکوسیستم ثبات خواهد داشت. به عبارت دیگر، وقتی می‌گوییم اکوسیستم در حالت ثبات است، مجموع انرژی که در طی تنفس کلیه سطوح غذایی ازدست رفته برابر است با تولید ناخالص اولیه. به عبارت دیگر، حالت ثبات زمانی حاصل می‌شود که تولید جامعه برابر تنفس جامعه باشد. آن مقدار تولید جامعه را که بیش از تنفس جامعه باشد تولید خالص جامعه می‌گویند. در حالت ثبات، تولید خالص جامعه برابر صفر است.

جدول ۳-۶ جریان انرژی را در یک جنگل نابالغ (جنگل کاجی در انگلستان) با یک جنگل بالغ (یک جنگل بارانی در پرتوریکا) مقایسه کرده است. جنگل بارانی به وضوح تولید بیشتری دارد. اما هدف مقایسه نشان دادن این مطلب است که جنگل بارانی در حالت ثبات به سر می‌برد. در حالی که جنگل کاج این طور نیست. در جنگل بارانی مجموع انرژی استفاده شده در عمل تنفس گیاهان، حیوانات و باکتری‌ها برابر است با انرژی تثبیت شده در طی عمل فتوستز. در جنگل نابالغ کاج میزان انرژی تثبیت شده در اکوسیستم بیش از

جدول ۳-۶ مقایسه جریان انرژی در دو جنگل (جنگل کاج در انگلستان و جنگل بارانی در پورتوریکا).

جنگل نابالغ (kcal/m ² /yr)	جنگل بالغ (kcal/m ² /yr)	
۱۲,۲۰۰	۴۵,۰۰۰	فتوسنتز کل (تولید ناخالص اولیه، GPP)
۴,۷۰۰	۳۲,۰۰۰	تنفس گیاهان
۷,۵۰۰	۱۳,۰۰۰	بافت‌های جدید گیاهی (تولید خالص اولیه، NPP)
۴,۶۰۰	۱۳,۰۰۰	تنفس هتروتروف‌ها (شامل تنفس علفخواران، گوشتخواران، باکتری‌ها و سایر تجزیه‌کنندگان)
۲,۹۰۰	تقریباً صفر	تولید خالص جامعه
۱/۳	۱	نسبت $\frac{P}{R}$

میزان انرژی مصرف‌شده است ($NCP > 0$). این تولید خالص جامعه به صورت بیوماس در شاخ و برگ درختان، بقایا و مواد زاید و هوموس و غیره تجمع پیدا می‌کند.

می‌توان گفت که در حالت نابالغ معمولاً $\frac{P}{R} > 1$ است (P تولید و R تنفس می‌باشد). اگر $NCP > 0$ باشد بنابراین $\frac{P}{R} > 1$ است مانند جوامعی که تولیدشان بیشتر از تنفس است. در جوامع هتروتروف $P < R$ است. در جوامعی که هنوز به بلوغ نرسیده‌اند مانند جنگل کاج در مثال گذشته نسبت $\frac{P}{R} > 1$ است.

تولید خالص اولیه بیوسفر

جدول ۴-۶ که توسط ویتاکر و لیکنز^۱ تهیه شده تولید چند نوع اکوسیستم را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، تولید خالص اولیه دنیا حدود ۱۷۰ بیلیون تن متریک در سال است. به‌رغم اینکه قاره‌ها تنها ۳۰٪ سطح زمین را می‌پوشانند، حدود دوسوم این مقدار ۱۷۰ بیلیون تن را تولید می‌کنند. تولید خالص سالانه از حدود صفر در خشکترین بیابان‌ها و محیط‌هایی که عوامل محیطی بیش‌ازحد تحمل گیاهان است تا بیش از ۵۰۰۰ گرم در مترمربع متفاوت است. تولید خالص سالانه احتمالاً بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ گرم در مترمربع در اکثر مناطق معتدل زمین می‌باشد. این مقدار معادل ۵۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰ پوند در هر ایکر است. این عملکرد واقعی در کشاورزی نیست. زیرا شامل تمامی پروتوپلاست‌های جدید اعم از ساقه‌ها، ریشه‌ها، پوست و دانه‌های گرده می‌باشد. بشر می‌تواند این مقدار مواد گیاهی را به‌صورت غذا به‌شرطی به‌دست آورد که بتواند تمام قسمت‌های گیاهان را تغذیه نماید و حتی در آن صورت باید انسان بتواند کلیه حیوانات دیگری را که از گیاهان تغذیه می‌کنند نادیده بگیرد. ارقام مربوط به تولید خالص اولیه دنیا برحسب بیلیون تن متریک (یک تن متریک برابر است با یک میلیون گرم یا حدود ۲۲۰۰ پوند) نشان داده شده‌اند.

1 R.H Whittaker and G.E Likens

جدول ۴-۶ تولید خالص اولیه و بیوماس گیاهان (وزن خشک) زمین.

نوع اکوسیستم	مساحت ۱۰ ^۶ کیلومتر مربع	تولیدخالص اولیه در واحد	سطح (g/m ² /yr)	کل تولیدخالص اولیه جهان ۱۰ ^۹ t/yr	بیوماس در واحد سطح (kg/m ²)	بیوماس کل ۱۰ ^۹ t
	حدود نرمال	میانگین	حدود نرمال	میانگین	حدود نرمال	میانگین
جنگل‌های بارانی حاره	۱۷,۰	۱۰۰۰-۳۵۰۰	۲۲۰۰	۳۷,۴	۸۰-۶	۴۵
جنگل‌های فصلی حاره	۷,۵	۱۰۰۰-۲۵۰۰	۱۶۰۰	۱۲,۰	۶۰-۶	۳۵
جنگل‌های همیشه‌سبز معتدله	۵,۰	۶۰۰-۲۵۰۰	۱۳۰۰	۶,۵	۲۰۰-۶	۳۵
جنگل‌های برگ‌ریز معتدله	۷,۰	۶۰۰-۲۵۰۰	۱۲۰۰	۸,۴	۶۰-۶	۳۰
جنگل‌های برگ‌پهن	۱۲,۰	۴۰۰-۲۰۰۰	۸۰۰	۹,۶	۴۰-۶	۲۰
درختان و درختچه‌ها	۸,۵	۲۵۰-۱۲۰۰	۷۰۰	۶,۰	۲۰-۲	۶
ساوان	۱۵,۰	۲۰۰-۲۰۰۰	۹۰۰	۱۳,۵	۱۵-۰,۲	۴
چمن‌زارهای معتدله	۹,۰	۲۰۰-۱۵۰۰	۶۰۰	۵,۴	۵-۰,۲	۱,۶
توندرا و آلپ	۸,۰	۱۰-۴۰۰	۱۴۰	۱,۱	۳-۰,۱	۰,۶
بیابان و نیمه‌بیابان	۱۸,۰	۱۰-۲۵۰	۹۰	۱,۶	۴-۰,۱	۰,۷
بسیاربیابانی، صخره‌ای، شنی، یخی	۲۴,۰	۰-۱۰	۳	۰,۷	۲۰-۰	۰,۲
اراضی زراعی	۱۴,۰	۱۰۰-۳۵۰۰	۶۵۰	۹,۱	۱۲-۰,۱۴	۱
باتلاق‌ها و مرداب‌ها	۲,۰	۸۰۰-۳۵۰۰	۲۰۰۰	۴,۰	۵۰-۳	۱۵
دریاچه‌ها و رودخانه‌ها	۲,۰	۱۰۰-۱۵۰۰	۲۵۰	۰,۵	۱-۰	۰,۲
کاملاً قاره‌ای	۱۴۹		۷۷۳	۱۱۵		۱۲,۳
اقیانوس‌های باز	۳۳۲,۰	۲-۴۰۰	۱۲۵	۴۱,۵	۵-۰,۰۰۵	۰,۰۰۳
مناطق مرتفع	۰,۴	۴۰۰-۱۰۰۰	۵۰۰	۰,۲	۱-۰,۰۰۵	۰,۰۰۲
فلات قاره	۲۶,۶	۲۰۰-۶۰۰	۳۶۰	۹,۶	۰,۰۰۴-۰,۰۰۱	۰,۰۰۱
بسترهای جلبکی و شبه‌جزیره	۰,۶	۵۰۰-۴۰۰۰	۲۵۰۰	۱,۶	۴-۰,۴	۲
مدخل رودخانه	۱,۴	۲۰۰-۳۵۰۰	۱۵۰۰	۲,۱	۶-۰,۰۱	۱
کاملاً دریایی	۳۶۱		۱۵۲	۵۵,۰		۰,۰۰۱
کل	۵۱۰		۳۳۳	۱۷۰		۳,۶

رابطه تولید و بیوماس $\left(\frac{P}{B}\right)$

در جدول ۵-۶ بیوماس و تولید جنگل‌های بلوط و کاج جوان نیویورک آورده شده است. این جنگل جوانی بوده که درختان آن ۴۰ تا ۴۵ سال عمر و حدود ۷,۵ متر ارتفاع داشته‌اند. تولید خالص سالانه درختان جنگل بیش از ۱۰٪ بیوماس بوده است. در جنگل‌های بالغ که نزدیک به حالت ثبات هستند نسبت تولید به بیوماس بسیار کمتر است. به‌طوری‌که نسبت فوق در جنگل کاج و بلوط ۰,۱۱ بوده، در صورتی‌که برای جنگل‌های

جدول ۵-۶ بر آورد تولید و بیوماس جنگل‌های بلوط وکاج نیویورک.

خصوصیات	تولید خالص سالانه		بیوماس	
	(g/m ² /yr)	(% از کل)	(g/m ²)	(% از کل)
تولید خالص درختان				
ساقه‌های چوبی و پوست	۱۷۴٫۹	۱۶٫۵	۴۳۱۷	۴۴٫۵
شاخه‌های چوبی و پوست	۲۴۷٫۰	۲۳٫۳	۱۶۳۹	۱۶٫۹
برگ‌ها	۳۵۰٫۹	۳۳٫۱	۴۰۸	۴٫۲
میوه و گل‌ها	۲۲٫۲	۲٫۱	۱۹	۰٫۲
ریشه‌ها	۲۶۵٫۰	۲۵٫۰	۳۳۱۷	۳۴٫۲
تولید کل درخت	۱۰۶۰	۱۰۰٫۰	۹۷۰۰	۱۰۰٫۰
بیوماس				
تولید گیاهان زیر درختان	۱۳۴	—	۴۶۰	—
بیوماس				
کل تولید خالص اولیه	۱۱۹۴	—	۱۰۱۶۰	—
بیوماس				

بالغ کوههای گریت اسموکی اعم از سخت‌چوب یا کاج نسبت فوق تنها ۰٫۰۲ تا ۰٫۰۳ بوده است. بنابراین، زمانی که جنگل خیلی جوان باشد، چوب و بقایا به سرعت افزایش می‌یابند و در نتیجه نسبت $\frac{P}{B}$ بالاست. در جاهایی که نسبت $\frac{P}{B}$ بزرگتر است، طول عمر افراد کمتر، تولید مثل زیاده‌تر و اندازه بدن کوچکتر است؛ در حالی که اگر $\frac{P}{B}$ کوچکتر باشد برعکس است.

در جوامع آبرزی که فیتوپلانکتون‌ها تولید کنندگان اصلی هستند نسبت $\frac{P}{B}$ چندین برابر بیشتر است. به عنوان مثال، فیتوپلانکتون‌های آب‌های تازه نسبت $\frac{P}{B}$ شان به طور متوسط ۱۱۳ است. به عبارت دیگر، قابلیت تولید خالص اولیه سالانه ۱۱۳ برابر بیوماسی است که در هر زمان موجود می‌باشد. در دریاچه‌های جنوبی که جلبک‌ها می‌توانند در طی یک سال تکثیر بیشتری پیدا نمایند، نسبت $\frac{P}{B}$ می‌تواند بسیار بیشتر باشد.

می‌توان همین محاسبات را در مورد حیوانات نیز انجام داد. از نظر اندازه بین مورچه و بز کوهی نسبت $\frac{P}{B}$ از ۰٫۱ تا ۱۰ است (جدول ۶-۶). انواع کوچکتر جانوران با زاد و ولد بیشتر در سال می‌توانند نسبت‌های بالاتری داشته باشند. نسبت‌های زئوپلانکتون‌ها اکثراً بین ۱۰ و ۱۵ است. در کنار نسبت‌های پایین $\frac{P}{B}$ ، اندازه بزرگ، دوره تولید مثلی کوتاه‌تر در سال (پرندگان عکس شوندگان هستند) و خون گرمی نیز ملحوظ است.

رابطه تولید ناخالص اولیه و تنفس (GPP/R)

هرچه نسبت $\frac{GPP}{R}$ بیشتر باشد سیستم از ثبات کمتری برخوردار است و بالعکس هرچه تولید ناخالص به تنفس جامعه نزدیکتر باشد تعادل در اکوسیستم بیشتر خواهد بود. چنانچه نسبت $\frac{GPP}{R} = ۱$ باشد؛ (یعنی $GPP=R$) به این معنی است که تمام تولید ناخالص اولیه به مصرف تنفس می‌رسد و این حالت در بلوغ جامعه مشاهده می‌شود.

جدول ۶-۶ بررسی تولید بیوماس در جانوران.

گروه	تولید سالانه (P) (gm/m ² /yr)	متوسط بیوماس (B) (g/m ²)	P/B
مصرف‌کنندگان اولیه			
چونندگان	۰/۰۷	۰/۰۲	۲/۸
ملخ	۰/۴۰	۰/۰۶	۷/۱
کرم خاکی	۷/۷۹	۳/۶۰	۲/۱
اسب پاکوتاه اوگاندایی	۰/۱۶	۲/۱۸	۰/۱
مصرف‌کنندگان ثانویه			
پرندگان	<۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴
عنکبوت‌ها	۰/۴۵	۰/۰۶	۷/۰
مورچه‌های شکارگر	۶/۰۰	۰/۹۶	۶/۲
صیادان بزرگ	—	۱-۰/۱٪	—

در این حالت ثبات بیشترین است. $\frac{GPP}{R} > 1$ نشان‌دهنده جوان بودن اکوسیستم است. درحالی که $\frac{GPP}{R} < 1$ نشان‌دهنده آن است که سیستم رو به نابودی و انقراض پیش می‌رود. نسبت $\frac{GPP}{R}$ را گاهی به صورت $\frac{R}{GPP}$ نیز نشان می‌دهند که هرچه $\frac{R}{GPP}$ به یک نزدیکتر باشد جامعه از ثبات بیشتری برخوردار خواهد بود.

رابطه جثه و متابولیسم $\left(\frac{B}{R}\right)$

مقدار انرژی یک اکوسیستم و مقدار کل بیوماسی که در یک اکوسیستم جریان دارد تا حد زیادی تابع جثه موجودات تشکیل‌دهنده اکوسیستم است. هرچه جثه موجودات زنده کوچکتر باشد بیوماسی که در هر سطح غذایی تجمع پیدا کرده کمتر خواهد بود و بالعکس هرچه جثه بزرگتر باشد بیوماسی که در هر سطح غذایی انباشته شده بیشتر خواهد بود. این موضوع ارتباط مستقیمی با میزان انرژی دارد. به این ترتیب که با افزایش جثه موجودات سیر انرژی در این موجودات به مقدار بیشتر انجام خواهد شد و بالعکس.

بین میزان انرژی سیر شده و اجزای متابولیکی موجودات رابطه کاهشی وجود دارد؛ یعنی هرچه جثه موجودات بزرگتر باشد، میزان انرژی سیر شده به ازای واحد وزن بدن موجود کمتر می‌شود و هرچه جثه بزرگتر باشد میزان مصرف انرژی به ازای واحد وزن کمتر خواهد شد. به عنوان مثال، یک مرغ شهدخوار به ازای هر واحد وزن چیزی حدود ۱۵۰ برابر وزن خودش در مقایسه با انسان غذا مصرف می‌کند.

نسبت بین مجموع تنفس جامعه (اتوتروف‌ها و هتروتروف‌ها) به مجموع بیوماس جامعه یا نسبت $\frac{R}{B}$ را در اکولوژی به عنوان نسبت نگهداری به ساخت^۱ یا به عنوان تابع ترتیبی ترمودینامیکی^۲ می‌شناسند. نسبت اکولوژیکی فوق که به نام نسبت شرویدینگر^۳ نیز مشهور است میزان تبدیل مواد را بیان می‌کند.

1. Maintenance to structure ratio

2. Thermodynamic order function

3. E. Schrodinger

اگر R و B برحسب کالری (واحد انرژی) بیان و بر حرارت مطلق تقسیم شود، نسبت B/R مساوی می‌شود با نسبت افزایش آنتروپی نگهداری (و اعمال مربوط) تقسیم بر آنتروپی ساختمان منظم^۱. هرچه وزن زنده بزرگتر باشد هزینه نگهداری نیز بیشتر می‌شود. اما اگر حجم واحد وزن زنده (مثل هر کدام از افراد موجودات زنده) بزرگ باشد (مثل گیاهان جنگل)، هزینه نگهداری در قبال ساختمان هر واحد وزن زنده کمتر می‌شود.

هرچه نسبت تنفس به بیوماس افزایش یابد موجودات زنده در این اکوسیستم از جثه کوچکتری برخوردار خواهند بود. به تدریج که اکوسیستم به سمت تعادل پیش می‌رود نسبت R/B کوچکتر و جثه موجودات بزرگتر می‌شود. در حالت تعادل مقدار انرژی که صرف هر واحد بیوماس می‌شود حداقل است.

هرچه موجودات کوچکتر باشند سوخت‌وساز بیوماس بیشتر است. بنابراین، هرچه موجود زنده کوچکتر باشد بیوماسی که در هر سطح غذایی پرورده می‌شود کوچکتر می‌شود. برعکس، هرچه موجود زنده بزرگتر باشد بیوماس کل موجود هم بزرگتر می‌باشد و بنابراین مقدار باکتری‌های موجود در هر زمان به مراتب کوچکتر از محصول ماهی یا پستاندار است. درحالی که صرف انرژی برای هر دو گروه یکسان می‌باشد. باید توجه داشت که آنچه با افزایش اندازه کاهش می‌یابد نسبت سوخت‌وساز وابسته به وزن است نه مقدار سوخت‌وساز کل فرد. بنابراین، به این دلیل است که غذای لازم برای یک انسان بالغ کلاً بیشتر از کودک است. ولی غذای لازم برای هر کیلو بدن انسان بالغ کمتر از کودک می‌باشد.

زنجیره‌ها، شبکه‌ها و سطوح غذایی

مقدار انرژی که توسط گیاهان تثبیت شده و در تنفس مصرف نمی‌شود بعدها طی مراحل می‌تواند به دیگر موجودات زنده منتقل شود. این انتقال انرژی غذایی از منبع اصلی غذا یعنی گیاهان به موجودات زنده دیگر طی چند مرحله خوردن و خورده شدن انجام می‌شود. اصطلاحاً به مسیر حرکت یا مجاری سیر انرژی به صورت غذا زنجیره غذایی^۲ گفته می‌شود. به عبارت دیگر، در هر اکوسیستمی انرژی تثبیت شده توسط تولیدکنندگان طی چند مرحله خوردن و خورده شدن موجودات اکوسیستم از یکدیگر مسیری را طی می‌کند که اصطلاحاً زنجیره غذایی نامیده می‌شود. مانند شکل زیر:

موش → صحرایی → سوسمار → حشرات ریز → گیاه

یک زنجیره غذایی ساده

در هر زنجیره غذایی تعداد حلقه‌ها نمی‌تواند خیلی زیاد باشد بلکه هر زنجیره محدود به چهار یا پنج و فقط در بعضی جوامع دریایی ممکن است به ۶ حلقه برسد. هرچه زنجیره کوتاه‌تر باشد یا هرچه موجود زنده

1. Entropy of ordered structure

2. Food chain

به ابتدای زنجیره غذایی نزدیکتر باشد مقدار انرژی بیشتری در اختیار خواهد داشت. زیرا در هر حلقه طبق قانون دوم ترمودینامیک بین ۸۰ تا ۹۰ درصد انرژی پتانسیل غذا به صورت حرارت تلف می‌شود و در نتیجه موجودات هر حلقه مقدار کمتری انرژی به حلقه بعدی منتقل می‌کنند که خود باعث محدودیت تعداد حلقه‌های زنجیره غذایی می‌شود.

مواد طبیعی در طی حرکت در زنجیره غذایی تمایل به تجمع در بافت‌ها نداشته و سرانجام طی فرایندهای طبیعی تجزیه می‌شوند. در صورتی که بسیاری از مواد ساخته شده دست بشر (مثل سموم شیمیایی کشاورزی) تمایل به تجمع در بدن موجودات زنده دارند و بنابراین چنانچه این گونه مواد ساخته دست بشر وارد زنجیره غذایی شوند، تجمع آنها در طول زنجیره به تدریج افزایش پیدا می‌کند. به این اصل، اصل بزرگنمایی زیستی یا اصل تجمع زیستی می‌گویند. بسیاری از امراض ناشی از مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی طبق همین اصل ایجاد می‌گردد.

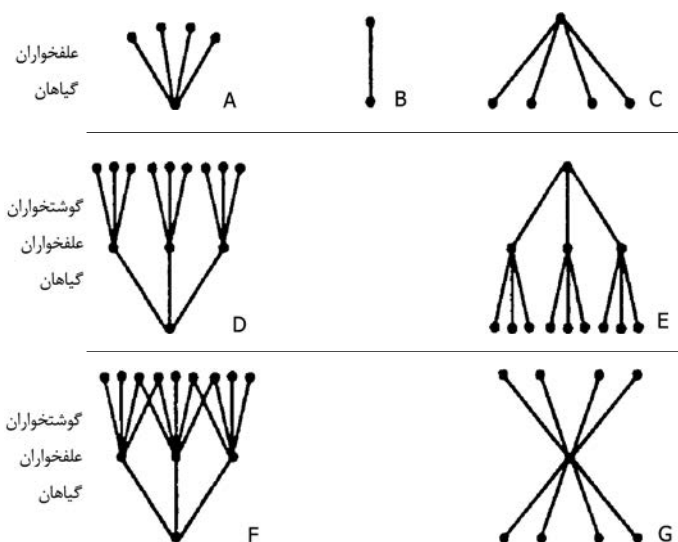
سه نوع زنجیره غذایی وجود دارد که در هر زنجیره ممکن است چند حلقه پیاپی برقرار باشد:

۱. زنجیره غذایی اصلی یا زنجیره چرا: که از گیاه سبز شروع می‌شود و به گیاهخواران و سپس گوشتخواران می‌رسد. در این زنجیره هر حلقه نسبت به حلقه قبلی، دارای موجوداتی به تعداد کمتر و جثه بزرگتر می‌باشد.

۲. زنجیره غذایی میزبان و انگل: از گیاه یا حیوان شروع می‌شود و هر حلقه شامل موجود زنده‌ای است که به تعداد بیشتر و با جثه کوچکتر نسبت به حلقه قبل از خودش ظهور پیدا کرده است.

۳. زنجیره غذایی گند و گندرو یا زنجیره تجزیه مواد آلی: این زنجیره از مواد غیرزنده آلی (عموماً بقایای غیرزنده جانداران) شروع شده و به موجودات زنده میکروسکوپی (میکروارگانیسم‌ها) و سپس به موجودات تغذیه کننده از مواد آلی و صیادان آنها می‌رسد.

در هر اکوسیستم ارتباطات غذایی زیادی برقرار است و زنجیره‌های غذایی از یکدیگر جدا نیستند بلکه با هم ارتباطات فراوانی دارند. به عبارت دیگر، در طبیعت معمولاً گونه‌های زیادی را نمی‌توانیم پیدا کنیم که فقط از یک منبع غذایی استفاده کند و خودش هم فقط توسط یک گونه خورده شود. معمولاً یک گونه هم از گونه‌های مختلفی تغذیه می‌کند و هم توسط گونه‌های متعددی خورده می‌شود (شکل ۱۴-۶). این امر سبب می‌شود که زنجیره‌های غذایی با همدیگر مرتبط شوند و شبکه غذایی^۳ تشکیل شود. به عبارتی طرح پیوند زنجیره‌های غذایی را در یک اکوسیستم شبکه غذایی می‌خوانند. هرچه تعداد گونه‌های موجود در یک شبکه غذایی بیشتر باشد ارتباطات آنها بیشتر شده و در نتیجه جامعه از ثبات بیشتری برخوردار خواهد بود. به عنوان مثال، در مناطق حاره تعداد گونه‌های موجود بیشتر است و در نتیجه ثبات بیشتر است. اما در مناطق کویری تعداد گونه‌ها محدودند و ثبات هم کمتر است.



شکل ۱۵-۶ هفت الگوی مختلف از شبکه‌های غذایی. نقطه‌ها نماینده گونه‌ها و خطوط نماینده مسیرهای جریان انرژی از یک گونه در یک سطح غذایی به گونه دیگر در سطح غذایی دیگر می‌باشند.

۱. تنوع هر یک از سطوح چقدر است؟ در شکل موقعیت‌های A و C تنوع بیشتری از B دارند.
۲. تنوع با جهت جریان انرژی چگونه ارتباطی دارد؟ در موقعیت A، انرژی از تنوع کم به تنوع زیاد، ولی در C از تنوع زیاد به تنوع کم جریان پیدا می‌کند.
۳. ارتباطات متقابل در چه حدی بین قسمت‌های مختلف وجود دارد؟ F ارتباطات متقابل دارد در حالی که D فاقد آن است.
۴. ماهیت واقعی ارتباطات غذایی چگونه است؟ آیا واکنش یک گونه نسبت به تغییرات غذایی گونه دیگر تا چه حد دقیق، سریع و قابل انعطاف است؟
قواعد زیر بیانگر رابطه بین پایداری و چگونگی ارتباطات شبکه می‌باشند:
 ۱. بی‌ثبات‌ترین سیستم در B ترسیم شده است که یک گونه از یک گونه دیگر تغذیه می‌کند.
 ۲. موقعیت‌های A و D در جهت پایداری هستند. زیرا در سطح غذایی که انرژی به آن جریان می‌یابد گونه‌های زیادی با یکدیگر رقابت می‌کنند.
 ۳. موقعیت‌های C و E برخلاف پایداری عمل می‌کنند. هرچه فراهمی غذا برای یک گونه بیشتر باشد، گونه تنبل‌تر شده و پایداری آن کمتر می‌شود.
 ۴. مواردی مثل F به دلیل داشتن ارتباطات متقابل پایداری بسیار دارند.
 ۵. موادی مثل G بسیار ناپایدار است. زیرا به‌نظ می‌رسد که تأثیر انواع متعدد غذا اثر انواع متعدد دشمنان را خنثی می‌کند.



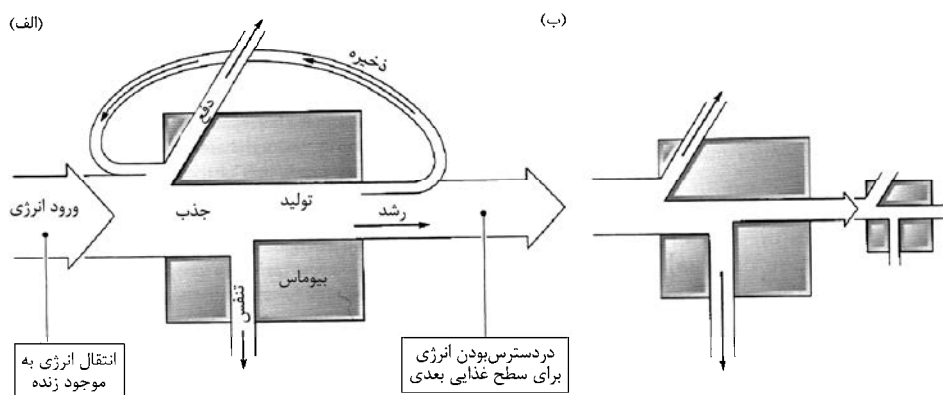
شکل ۱۶-۶ شمایی از سطوح غذایی.

در یک اکوسیستم گونه‌هایی که غذای خود را طی مراحل یکسانی به دست می‌آورند متعلق به یک سطح غذایی (Trophic level) می‌باشند. به عنوان مثال، گیاهان سطح اول غذایی هستند، ملخ، حشرات و یا ماهی‌هایی که از علف‌های تالاب تغذیه می‌کنند در سطح غذایی دیگر (علفخواران) قرار دارند. یک گونه ممکن است به چند سطح غذایی وابسته باشد مثلاً گنجشک هم از حلزون و ملخ هم از برخی گیاهان تغذیه می‌نماید.

مدل سطوح غذایی اُدوم

ای. پی. اُدوم (اکولوژیست آمریکایی) در رابطه با سطوح غذایی مدلی ارائه نموده است (شکل ۱۷-۶). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با ورود انرژی در سطح غذایی اول (a)، مقداری از انرژی صرف تولید بیوماس و رشد می‌شود. مقداری از آن ذخیره و مقداری هم در تنفس آزاد می‌شود. البته مقداری نیز به شکل‌های مختلف دفع می‌شود. سپس انرژی آماده است تا وارد سطح غذایی بعدی شود (b).

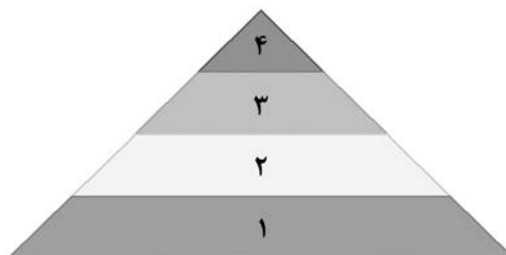
روابط سطوح غذایی را در قالب اشکال هرمی مانند نیز نشان می‌دهند (شکل ۱۸-۶). سطح اول موجودات اتوتروف، سطح دوم گیاهخواران، سطح سوم گوشتخواران اولیه و سطح چهارم گوشتخواران ثانویه هستند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با رسیدن به سطوح بالاتر، تعداد موجودات کمتر می‌شوند و برعکس جثه‌ها بزرگتر می‌شوند.



شکل ۱۷-۶ مدل ارائه شده توسط آدوم برای سطوح و زنجیره‌های غذایی.

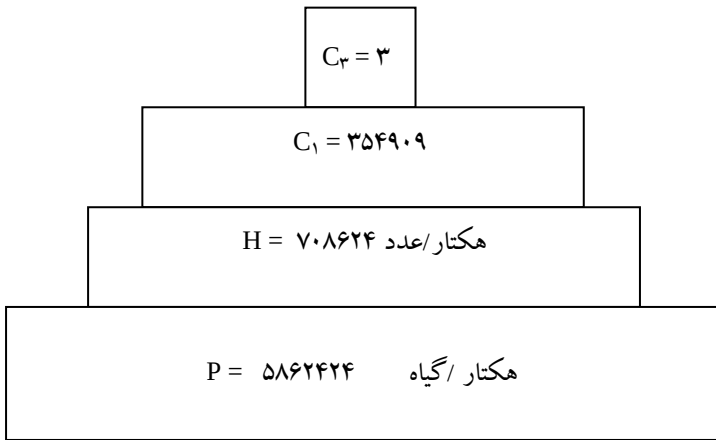
ساختمان غذایی و هرم‌های اکولوژیکی

کنش متقابل و پدیده ازدست رفتن انرژی در طول زنجیره غذایی و رابطه اندازه بدن با متابولیسم باعث می شود که جامعه‌های زیستی دارای ساختمان‌های غذایی خاصی باشند و برای هر اکوسیستمی شکل خاصی داشته باشند. ساختمان غذایی را می توان بر حسب میزان محصول در واحد سطح و یا بر حسب انرژی که در واحد سطح و زمان، در سطوح غذایی متوالی وجود دارند مشخص نمود. برای نشان دادن ساختمان غذایی اکوسیستم از اشکالی استفاده می شود که هرم‌های اکولوژیکی^۱ نامیده می شوند. هرم‌های اکولوژیکی عمدتاً ممکن است از سه نوع باشند که عبارت‌اند از هرم تعداد^۲، هرم بیوماس^۳ و هرم انرژی^۴.



شکل ۱۸-۶ هرم سطوح غذایی.

1. Trophic structure and ecological pyramids
2. Pyramid of Number
3. Pyramid of Biomass
4. Pyramids of Energy



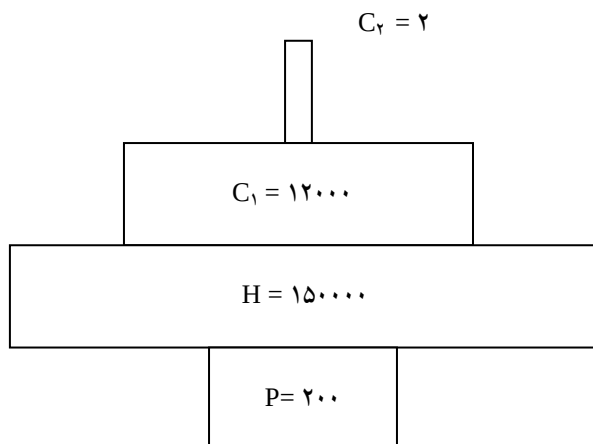
شکل ۱۹-۶ مثالی از هرم تعداد (هرم التون).

هرم تعداد یا هرم عددی

هرم تعداد براساس تعداد موجودات هر سطح غذایی ترسیم می‌شود. طریقه ترسیم آن به شیوه‌ای است که سطح غذایی اول (تولیدکنندگان) در پایین قرار می‌گیرند و به ترتیب سطوح غذایی بعدی در بالای آن کشیده می‌شوند. در هر سطح تعداد افراد موجود زنده را می‌شمارند و براساس تعدادشان مستطیل‌های هم‌ارتفاعی که طول آنها متناسب با تعداد افراد موجود در هر سطح غذایی باشد روی یکدیگر رسم می‌کنند. با توجه به کاهش تعداد افراد در طول زنجیره غذایی هرم تعداد ممکن است به شکل مثلی درآید که رأس آن در بالا قرار می‌گیرد. این نوع از هرم‌ها توسط التون^۱ در سال ۱۹۲۷ پیشنهاد شده و به نام هرم التون نیز مشهور است. مثلاً هرم تعداد یک گرامینه به نام *Poa prantensis* در مرتعی در امریکا به صورت شکل ۱۹-۶ کشیده شده است.

معایب هرم تعداد

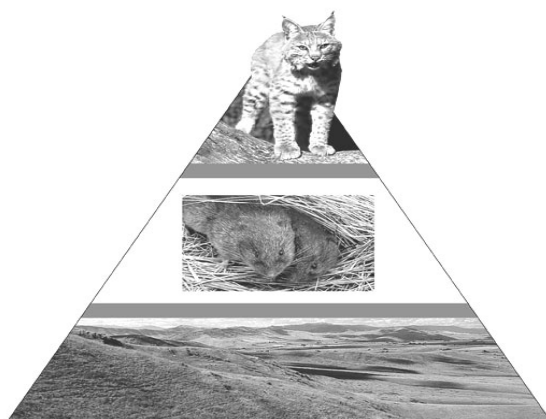
۱. نقش تمام افراد در سیر انرژی یکسان در نظر گرفته می‌شود. درحالی که تمام افراد در سیر انرژی نقش یکسانی ندارند.
۲. در نقاطی که تولیدکنندگان جثه بزرگتری دارند و مصرف‌کنندگان جثه کوچکتر، هرم تعداد معکوس می‌شود و در نتیجه برای کسانی که آگاهی از سیر انرژی نداشته باشند اشکال ایجاد می‌شود. به عنوان مثال، در جنگلی در آلمان در فصل تابستان نتایج به شکل ۲۰-۶ درآمده است (مثلاً تولیدکنندگان درخت و مصرف‌کنندگان حشرات بوده‌اند).
۳. در جاهایی که تولیدکنندگان بسیار کوچک باشند مثل اکوسیستم‌های آبی و یا مصرف‌کنندگان بزرگ و تعدادشان محدود باشد ترسیم هرم کار بسیار مشکلی خواهد بود.



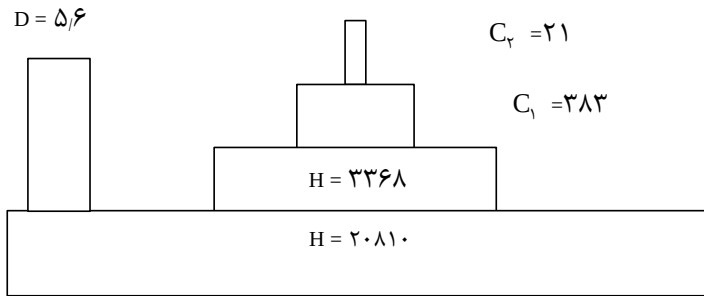
شکل ۶-۲۰ مثالی از هرم تعداد (جنگلی در آلمان).

هرم بیوماس

در هرم بیوماس سطوح غذایی را به وسیله مستطیل‌های افقی هم‌ارتفاعی نشان می‌دهند که طول هر مستطیل متناسب با بیوماس انباشته‌شده در هر سطح غذایی است. هرچه به سطوح غذایی بعدی می‌رویم میزان بیوماس به تدریج کاسته می‌شود و شکل حاصل به صورت مثلی که رأس آن در بالاست درمی‌آید. مشخص است که هرچه تعداد سطوح غذایی بیشتر باشد ارتفاع مثلث بیشتر خواهد بود. شکل ۶-۲۱ مؤید این نوع هرم است. در هرم بیوماس و انرژی معمولاً تجزیه‌کنندگان را در بالای گوشه مستطیل مربوط به سطح غذایی اول نشان می‌دهند. ارتفاع و عرض شکل مربوط به تجزیه‌کنندگان از ابعاد مستطیل‌های دیگر هرم تبعیت نمی‌کند. علت قراردادن آن در کنار هرم آن است که تجزیه‌کنندگان از سطوح غذایی مختلف استفاده می‌کنند.



شکل ۶-۲۱ شمایی از یک هرم بیوماس.



شکل ۲۲-۶ مثالی از هرم انرژی (اعداد برحسب کیلوکالری در مترمربع در سال).

هرم بیوماس اگرچه از هرم تعداد بهتر است - در بیشتر مواقع رابطه مستقیمی بین تثبیت انرژی و میزان بیوماس نشان می‌دهد - به‌رحال دارای معایبی نیز است. به‌طوری‌که در این نوع از هرم‌ها، اهمیت موجودات بزرگ را بیش از واقعیت نشان می‌دهد. همچنین به کیفیت توجهی نمی‌شود. مثلاً یک کیلوگرم علف و یک کیلوگرم گوشت یکسان در نظر گرفته می‌شوند.

هرم انرژی

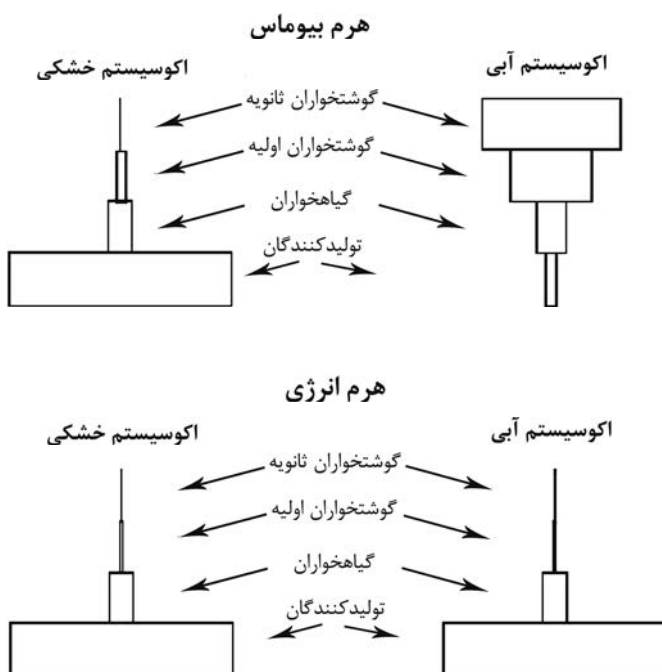
بهترین و کاملترین نوع هرم است ولی ترسیم آن بسیار مشکل است. در این نوع از هرم‌ها، انرژی انباشته‌شده در هر سطح غذایی به‌وسیله مستطیل‌های هم‌ارتفاعی نشان داده می‌شوند؛ به‌طوری‌که طول مستطیل متناسب با انرژی انباشته‌شده در سطح غذایی مربوط است و از آنجایی که میزان انرژی در طول زنجیره غذایی کاهش می‌یابد، در نتیجه هرم انرژی همواره به‌شکل مثلثی درمی‌آید که رأس آن به‌طرف بالاست (شکل ۲۲-۶).

مزایای هرم انرژی

۱. اگر دقیق رسم شوند هیچ وقت معکوس نمی‌شوند (شکل ۲۳-۶).
۲. نقش و ارزش واقعی هر گونه را در سیر و انتقال انرژی به‌خوبی نشان می‌دهند.
۳. موقعیت اکوسیستم را در طول زمان بررسی می‌کند. چون ممکن است در اکوسیستم در زمان‌های مختلف هرم‌های مختلفی وجود داشته باشد.

راندمان‌های اکولوژیکی^۱

امروزه کارایی انرژی، جایگاه مهمی در دستورالعمل سیاست عمومی اغلب کشورهای توسعه‌یافته دارد. اهمیت کارایی انرژی به‌عنوان یک هدف سیاسی، با رقابت‌های تجاری، صنعتی، منافع امنیت انرژی و منافع محیطی مانند کاهش میزان تصاعد گاز دی‌اکسید کربن پیوسته است. با وجود ملاحظات سیاسی و گزارشات متعددی که در مورد کارایی انرژی وجود دارد، توجه نسبتاً کمی به کارایی انرژی معطوف گردیده است. در



شکل ۲۳-۶ مقایسه هرم‌های بیوماس و انرژی در اکوسیستم‌های خشکی و آبی.

مجموع کارایی انرژی به مصرف انرژی کمتر به منظور تولید مقدار مشابهی از سرویس‌ها یا خروجی‌های مفید اشاره می‌کند. برای مثال، در بخش صنعت، کارایی انرژی با مقدار انرژی مورد نیاز برای تولید یک تن فرآورده اندازه‌گیری می‌شود. از این رو، کارایی انرژی، اغلب با نسبت ساده انرژی خروجی به انرژی ورودی تعریف می‌شود. شاخص‌های مختلفی برای بررسی تغییرات در کارایی انرژی به کار برده می‌شوند که در چهار گروه اصلی قرار می‌گیرند. شاخص‌های ترمودینامیکی (تأمناً به سنجش‌های حاصل از علم ترمودینامیک متکی هستند)، شاخص‌های فیزیکی-ترمودینامیکی (که ورودی انرژی در آنها با واحدهای ترمودینامیکی اندازه‌گیری می‌شوند، اما خروجی‌ها با واحدهای فیزیکی برآزش می‌شوند)، شاخص‌های اقتصادی-ترمودینامیکی (انرژی ورودی با واحدهای ترمودینامیکی سنجیده شده و خروجی برحسب قیمت بازار - پول رایج - برآزش می‌شود) و شاخص‌های اقتصادی (تغییرات کارایی انرژی را صرفاً برحسب قیمت بازار یا پول رایج) اندازه‌گیری می‌کنند.

راندمان^۱ نسبت بازده^۲ به نهاده^۳ می‌باشد. برای نشان دادن راندمان انتقال انرژی در قسمت‌های مختلف اکوسیستم نسبت‌های مختلفی وجود دارند.

1. Ecological Efficiencies

2. Efficiencies

3. Out put

(الف) راندمان‌های اکولوژیکی در سطح تولیدکنندگان

نسبت تولید ناخالص اولیه به نور رسیده ($\frac{GPP}{\text{نورخورشید}}$): در کشت جلبک‌ها در نور کم در آزمایشگاه می‌توان حداکثر راندمان ۲۰٪ را برای فرایند فتوسنتز به‌دست آورد. اما در طبیعت و در اکوسیستم‌های زراعی این راندمان کمتر است. برخی معتقدند که اکوسیستم راندمان سالانه‌ای در حدود ۵٪ دارد. ای. پی. اُدوم (۱۹۸۳) بیان داشت که متوسط راندمان در بیوسفر در حدود ۰٫۲٪ است. دلایل متعددی سبب شده که راندمان نورخورشید این مقدار پایین باشد که مهمترین‌شان عبارت‌اند از:

۱. تنها حدود ۴۴٪ انرژی خورشید موجود در سطح زمین در طول موج‌های قابل استفاده فتوسنتز است.
۲. به دلایل متعددی راندمان فتوسنتز برگ‌ها با افزایش شدت نور پایین می‌آید و در اکثر اکوسیستم‌ها شدت‌های پایین نور نسبت به شدت‌های بالای نور از راندمان بالاتری برخوردارند.
۳. در اکثر مناطق زمین دوره‌هایی از سال برای رشد گیاه نامناسب است. به عنوان مثال، فصل رشد در اکثر مناطق معتدل و شمالی بستگی به درجه حرارت محیط دارد و یا ممکن است در فصل خشک تولیدی نداشته باشیم.
۴. حتی در دوره‌های مناسب رشد گیاه در سال، یعنی در فصل رشد، نیز ممکن است تولید با رطوبت، مواد غذایی، یا درجه حرارت محدود گردیده و در نتیجه نور خورشید قابل دسترس کاملاً مصرف نشود.
۵. در مکان‌هایی که رطوبت و سایر عوامل رشد نیز مناسب باشد، به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها روی همدیگر گیاهان به حد بالایی از فتوسنتز رسیده و به عبارت دیگر، نور بیشتری را جذب نمی‌کنند. به طوری که در گیاهان زراعی به نظر می‌رسد که زمانی که سطح برگ‌ها به ۴-۵ برابر سطح زمین اشغال شده‌شان (LAI) می‌رسد حداکثر تولید را دارند.
۶. در بسترهای آبی ممکن است تولید با کمبود مواد غذایی یا درجه حرارت نامناسب محدود شود و همچنین به دلیل اینکه جذب و پراکندگی نور در آب به مقدار کمی صورت می‌گیرد نور قابل دسترس گیاهان آبی کمتر شده است. به طوری که حتی در آب‌های صاف و زلال کمتر از نصف نور مرئی تا عمق ۲۰ متری نفوذ می‌کند. در اقیانوس‌ها عمقی که نور نصف می‌شود ۱۰ متر یا کمتر است و در دریاچه‌ها متوسط آن احتمالاً ۲-۱ متر است.

نسبت تولید خالص اولیه به تولید ناخالص اولیه ($\frac{NPP}{GPP}$)

راندمان تبدیل تولید ناخالص به تولید خالص بستگی به میزان انرژی دارد که صرف نگهداری خود گیاهان در جامعه گیاهی می‌شود. اندازه‌گیری تنفس اتوتروف‌ها در سطح اکوسیستم کار ساده‌ای نیست. زیرا برای تعیین همزمان مصرف مواد فتوسنتز و نیز جدا کردن تنفس گیاهان از تنفس همزمان هتروتروف‌هایی مثل پارازیت‌ها، همسفره‌ها و سایر همزیست‌های گیاهان مشکلاتی وجود دارد. بررسی اطلاعات موجود نشان داده که تنفس اتوتروپی عموماً بین ۲۰ تا ۷۵٪ تولید ناخالص اولیه است که نشان‌دهنده این است که راندمان $\frac{NPP}{GPP}$ بین ۲۵ تا ۸۰٪ می‌باشد.

در اجتماعاتی که مقدار زیادی بیوماس تجمع یافته (مثل جنگل‌ها) تنفس بیشتر است و مقدار بیشتری انرژی برای نگهداری مقدار زیادی ساختمان‌های غیرتوسنتزکننده چندساله مصرف می‌شود. جوامعی که بیوماس کمتر از ۴ برابر تولید خالص اولیه سالانه دارند، مانند چمن‌زارها، گیاهان زراعی، اجتماعات جلبکی در آب، تمایل به مقدار کمتری تنفس دارند. این جوامع اکثراً راندمان ۵۰٪ و یا بالاتری دارند؛ درحالی‌که راندمان جنگل‌ها کمتر از ۵۰٪ است.

به نظر می‌رسد که جوامع مناطق حاره نسبت به جوامع مناطق سردتر راندمان پایین‌تری دارند. این ممکن است مربوط به تنفس بالاتر در درجه‌حرارت‌های بالاتر و یا انرژی بیشتر موردنیاز برای نگهداری برگ‌ها و غیره در مناطق حاره در طی سال باشد.

(ب) راندمان مصرف علفخواران

نسبت انرژی ناخالص جذب‌شده علفخواران به تولید خالص اولیه شاخصی از راندمان مصرف علفخواران از بیوماس گیاهی جدید است. موادی از تولید خالص اولیه که توسط علفخواران مصرف نشوند، در نهایت به زنجیره غذایی تجزیه‌کنندگان می‌روند. سوسک‌ها و سایر حشرات، قارچ‌ها و باکتری‌هایی که از برگ و بقایای گیاهی استفاده می‌کنند نیز علفخوارانند. همچنین انگل‌های داخلی گیاهان مثل نماتدها، موجوداتی که زندگی تعاونی با گیاهان دارند (مانند باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن همزیست با ریشه گیاهان) نیز جزء علفخوارانند. با این حال، اکثر مطالعات تنها در مورد راندمان زنجیره غذایی چرا انجام شده است.

گاهی ممکن است برداشت در یک اکوسیستم بالا باشد. مثلاً درختان ممکن است به وسیله لارو حشرات بی‌شاخ و برگ شوند. در نتیجه ۴۰-۳۰٪ تولید خالص سالانه‌شان برداشت شود. اگر در انتهای فصل رشد کمی قبل از برگ‌ریزان در یک جنگل برگ‌ریز قدم بزنیم مشاهده خواهیم کرد که سوراخ‌های کوچک زیادی در برگ‌ها دیده شده و نیز حاشیه برگ‌ها خورده شده‌اند که اگر کل بیوماس را که بدین طریق مصرف شده محاسبه نماییم، درصد مصرف معمولاً کمتر از ۱۰٪ و در اغلب موارد کمتر از ۵٪ است.

در چمن‌زارها و اکوسیستم‌هایی که به وسیله گیاهان علفی پوشیده شده‌اند، درصد مصرف بسته به میزان حشرات، ملخ و جوندگان از سالی به سال دیگر متفاوت است. در سال‌های متوسط در جاهایی که علفخواران بزرگ وجود ندارند، به نظر می‌رسد که درصد مصرف تولید خالص اولیه بالای زمین مشابه اعداد برگ‌های درختان جنگلی، زیر متوسط ۵٪ باشد. جاهایی که چراکنندگان بزرگی مثل گورخر یا گاو میش وجود داشته باشند، این درصد ممکن است به ۳۰٪ و یا بیشتر برسد. مصرف قسمت‌های زیرزمینی مثل ریشه‌ها و ریزوم‌ها در علف‌زارها بیشتر از قسمت‌های روی زمینی است. به نظر می‌رسد که مصرف قسمت‌های زیرزمینی که اکثراً توسط نماتدها انجام می‌شود به طور متوسط در حدود ۲۰٪ باشد.

در اکوسیستم‌های آبی، که گیاهان معمولاً کوچکند و اجزای سخت کمتری دارند، به نظر می‌رسد که مصرف علفخواران از گیاهان آبی به ۲۰ تا ۴۰٪ برسد.

(ج) راندمان های اکولوژیکی مصرف کنندگان

۱. راندمان در داخل سطوح غذایی^۱

انرژی مصرف شده به وسیله علفخواران موجب زنده ماندن آنها شده و نیز مصرف کنندگان ثانویه و ثالث در زنجیره غذایی چرا، از آن مصرف می کنند. نسبت راندمان رشد اکولوژیکی^۲ که در داخل سطوح غذایی وجود دارد برابر است با:

$$\text{راندمان رشد اکولوژیکی} = \frac{\text{بیوماس جدید}}{\text{انرژی ناخالص جذب شده}}$$

دو نسبت راندمان جذب^۳ و راندمان رشد^۴ بافت ها نیز دارای اهمیتی کمتر از راندمان فوق نمی باشند:

$$\text{راندمان جذب} = \frac{\text{جذب}}{\text{انرژی ناخالص جذب شده}}$$

از انرژی جذب شده مقداری صرف نگهداری حیوان شده و مقدار کمی صرف ساختن بیوماس جدید می شود. راندمان رشد بافت عبارت است از:

$$\text{راندمان رشد بافت} = \frac{\text{بیوماس جدید تشکیل شده}}{\text{جذب}}$$

این راندمان در غذای جذب شده به وسیله حیوان بسته به نوع غذا متفاوت است. سوسک حمام ۱۰۰٪ انرژی ناخالص جذب شده به صورت خمیر و قند را جذب می کند. در صورتی که بعضی از تجزیه کنندگان که غذای حاوی ترکیبات بسیار سخت را مصرف می کنند، ممکن است راندمان جذبشان ۱۰٪ باشد. راندمان چرا کنندگان در حدود ۶۰-۳۰٪ و در گوشتخواران به طور متوسط ۹۰-۶۰٪ است. راندمان رشد بافت ها بسته به انرژی که صرف نگهداری می شود متفاوت است. این شامل انرژی لازم برای فرار از دشمنان، جستجوی غذا، هضم غذا و انجام فعالیت های دیگری که فقط برای زنده ماندن انجام می شود، می باشد. گوساله پرواری ممکن است بیش از نصف انرژی جذب شده را تبدیل به گوشت نماید، در حالی که در مراتع طبیعی ممکن است راندمانی در حدود ۱٪ داشته باشد.

عوامل زیادی بر درصد انرژی جذب شده ای که صرف نگهداری خود حیوان می شود مؤثر هستند که شامل فعالیت، اندازه و سن آنها می شوند. حشراتی که شهد گل ها و دانه ها را جمع آوری می کنند نسبت به حشراتی که شیره گیاهان را می مکند، انرژی بیشتری را صرف به دست آوردن غذا می کنند و یا صیادانی که به دنبال صیدشان می روند، احتمالاً انرژی بیشتری نسبت به آنها یی که در اطراف خودشان شکار می کنند مصرف خواهند کرد. موجودات خون گرم نسبت به خون سردها راندمان پایین تری دارند. یکی از دلایل این

1. Within – trophic – level efficiencies

2. Ecological growth efficiency

3. Assimilation efficiency

4. Tissue growth efficiency

تفاوت به‌خاطر میزان انرژی است که خون‌گرم‌ها برای حفظ دمای بدنشان مصرف می‌کنند. درمورد جمعیت خون‌سردها راندمان رشد بافت‌ها بسیار متغیر است. لیکن معمولاً بین ۲۰ تا ۵۰٪ می‌باشد. درمورد بیشتر گونه‌های خون‌سرد مثل خزندگان و دوزیستان کمتر از ۵۰٪ است. درمورد خون‌گرم‌ها مثل پرندگان و پستانداران راندمان تولید فقط بین ۱ تا ۳٪ است. حشراتی که به‌صورت اجتماعی زندگی می‌کنند و برای فعالیت‌های مربوط به حفظ کلنی‌شان نیاز به انرژی دارند، ظاهراً راندمان پایینی دارند. جمع راندمان‌هایی که توسط آنها جذب و تولید می‌شود، راندمان رشد اکولوژیکی یا نسبت بین تولید بیوماس جدید و جذب انرژی ناخالص را نشان می‌دهد و بنابراین نتیجه می‌گیریم که:

$$\left. \begin{array}{l} \text{خون گرم } ۰/۳ \text{ تا } ۱/۵ \text{ درصد} \\ \text{خون سرد } ۹ \text{ تا } ۲۵ \text{ درصد} \end{array} \right\} \text{ علفخواران}$$

از آنجایی که جریان انرژی در

$$\left. \begin{array}{l} \text{خون گرم } ۰/۶ \text{ تا } ۱/۸ \text{ درصد} \\ \text{خون سرد } ۱۲ \text{ تا } ۱۳ \text{ درصد} \end{array} \right\} \text{ گوشتخواران}$$

بیشتر اکوسیستم‌ها در بین خون‌سردها وجود دارد، بیشتر بی‌مهرگان راندمان رشد اکولوژیکی کل سطوح غذایی‌شان حدود ۲۰-۱۰٪ است.

به‌طور کلی، انواع راندمان‌های اکولوژیکی را می‌توان به‌شکل زیر محاسبه کرد:

$$۱۰۰ \times = \frac{\text{تولید ناخالص در سطح غذایی}}{\text{تولید ناخالص در سطح غذایی ماقبل}} = \text{کارایی اکولوژیکی ناخالص}$$

$$۱۰۰ \times = \frac{\text{میزان تولید مربوط به سطح مصرف‌کننده صیاد}}{\text{میزان تولید مربوط به سطح میزبان (صید)}} = \text{کارایی اکولوژیکی}$$

$$۱۰۰ \times = \frac{\text{تولید خالص در سطح غذایی}}{\text{انرژی مصرف‌شده در همان سطح غذایی}} = \text{کارایی اکولوژیکی رشد}$$

$$۱۰۰ \times = \frac{\text{تولید ناخالص در هر سطح غذایی}}{\text{انرژی مصرف‌شده در همان سطح غذایی}} = \text{کارایی اکولوژیکی جذب}$$

کارایی اکولوژیکی جذب: قابلیت یک گونه در مصرف انرژی.

راندمان بین سطوح غذایی^۱

تا به‌حال تعدادی نسبت بین سطوح غذایی توصیف شده‌اند که به‌کمک آنها می‌توانیم جذب انرژی ناخالص را در سطح غذایی n نسبت به سطح غذایی n-۱ مقایسه کنیم. بیوماس جدید (تولید) را در دو سطح غذایی می‌توانیم مقایسه کنیم. اولی راندمان لیندمن^۲ بوده که به‌وسیله لیندمن ارائه شده و دومی را راندمان تولید

1. Between – trophic – level efficiencies

2. Lindeman's efficiency

سطح غذایی^۱ نامگذاری کرده‌اند. این مقایسات را می‌توان در آزمایشگاه انجام داد. اما محاسبه این قبیل نسبت‌ها برای کل اکوسیستم خیلی مشکل است. اگر هر مصرف‌کننده هر سطح غذایی، تولید خالص سطح غذایی قبلی را به‌طور کامل مصرف کند، هم رانده‌مان لیندمن و هم رانده‌مان تولید سطح غذایی احتمالاً بین ۱۰ تا ۲۰٪ خواهد بود.

انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی

اکوسیستم‌های کشاورزی وابسته به دو نهاده کاملاً مختلف انرژی هستند:

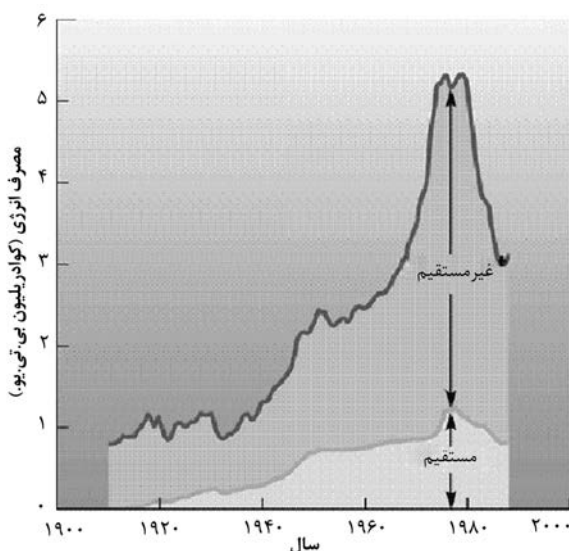
۱. انرژی اکولوژیکی^۲: شامل نور خورشید است که جهت فتوسنتز، کنترل حرارت محیط، ایجاد جریانات آتمسفری و تولید بارندگی به کار می‌رود.

۲. انرژی زراعی^۳: می‌تواند به دو گروه بیولوژیکی^۴ و صنعتی^۵ تقسیم شود. انرژی بیولوژیکی حاصل از عوامل زنده (کارگری، دام و کود دامی) بوده و انرژی صنعتی شامل سوخت فسیلی، انرژی الکتریکی، انرژی آب، انرژی باد، انرژی هسته‌ای و انرژی زمین‌گرمایی است.

از طرف دیگر، انرژی‌های مصرفی در مزرعه ممکن است به‌صورت مصرف مستقیم^۶ باشد که در آن انرژی به‌صورت فرآورده‌های سوخت‌های فسیلی (گازوئیل، بنزین، گاز) و یا برق جهت استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی، حمل‌ونقل داخل مزرعه، سیستم‌های آبیاری، گرم‌کردن، خشک کردن محصول و غیره باشد؛ و یا به‌صورت مصرف غیرمستقیم^۷ که انرژی با مصرف انواع نهاده‌های کشاورزی مانند کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، بذر، ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی، آبیاری به‌درون سیستم‌های زراعی تزریق گردد. در کشاورزی رایج حدود دو سوم انرژی‌های مصرفی انرژی‌های غیرمستقیم و یک‌سوم مستقیم می‌باشند (شکل ۲۴-۶). در اکوسیستم‌های مکانیزه انرژی‌های ورودی صنعتی بسیار زیادی جایگزین انرژی‌های بیولوژیک شده و اگرچه عملکرد افزایش یافته، اما کارایی مصرف انرژی به‌مقدار زیادی کاهش یافته است. زمانی که یک اکوسیستم پیچیده طبیعی به‌وسیله یک سیستم تک‌کشتی از یک محصول زراعی با شکل زندگی بسیار متفاوت جایگزین می‌شود، مصرف انرژی به‌سرعت افزایش می‌یابد.

انرژی که در قالب نهاده‌های خارجی به بوم‌نظام‌های زراعی تزریق می‌شود می‌تواند منجر به کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز گردد و در هر صورت، هزینه نگهداری گیاه را کاهش داده و موجب افزایش ضریب تبدیل انرژی خورشیدی به بیوماس گیاهی می‌گردد. این انرژی‌ها تحت‌عنوان انرژی‌های تزریقی در اکوسیستم‌های کشاورزی مطرح می‌باشند. هرچه یک سیستم مصنوعی تر باشد وابستگی آن به انرژی‌های کمکی زیادتر و به انرژی نورانی کمتر خواهد شد.

1. Trophic- level production efficiency
2. Ecological energy
3. Farming energy
4. Biological farming energy
5. Industrial farming energy
6. Direct energy
7. Indirect energy



شکل ۲۴-۶ مصرف انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در کشاورزی در سال‌های مختلف.

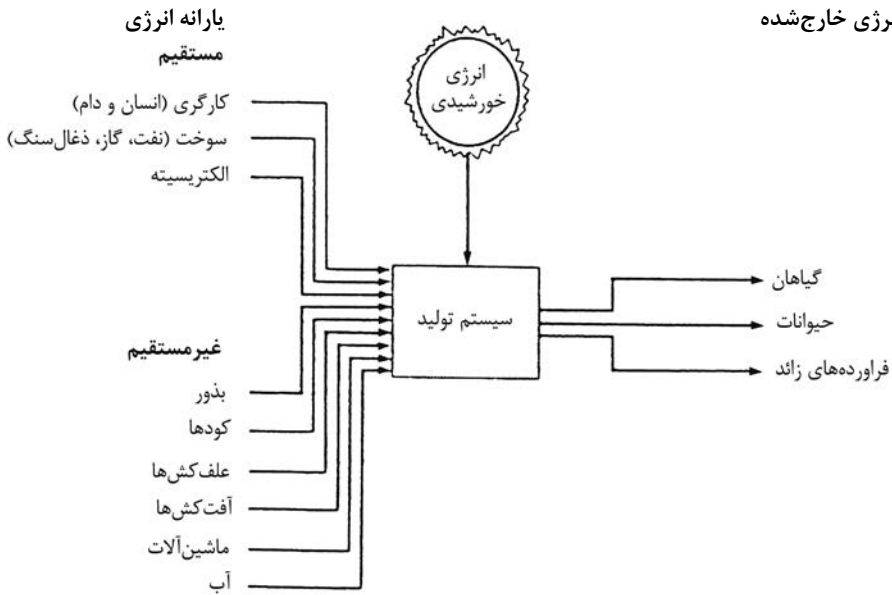
مقدار انرژی خورشیدی که روزانه به یک هکتار زمین در یک ناحیه معتدل می‌رسد حدود $10^6 \times 45-15$ کیلوکالری است. در صورت یکسان بودن کل انرژی خورشیدی دریافت شده در هکتار از $10^{11} \times 1/8$ تا $10^{11} \times 1/1$ کیلوکالری است که مقدار $10^{11} \times 1/4$ کیلوکالری را می‌توان به عنوان یک میانگین قابل اعتماد در نظر گرفت. کل انرژی خورشیدی که سالانه به وسیله گیاهان در اکوسیستم تثبیت می‌شود در حدود $10^{15} \times 400$ کیلوکالری تخمین زده می‌شود.

مقدار انرژی تثبیت شده به وسیله گیاهان دنیا کمتر از یک درصد از کل انرژی خورشیدی است که به زمین می‌رسد. بنابراین، انرژی خالص تثبیت شده به وسیله گیاهان در یک منطقه معتدل در حدود $10^6 \times 10$ کیلوکالری در هکتار در سال است. این مقدار بر حسب وزن خشک ماده گیاهی به طور متوسط معادل عملکرد ۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال است.

در اکوسیستم‌های کشاورزی تقریباً $10^6 \times 15$ کیلوکالری انرژی نورانی در هر هکتار در طول فصل رویش تثبیت می‌شود. با این وجود، این مقدار فقط در حدود ۱٪ از کل انرژی خورشیدی رسیده در یک هکتار در طی سال و برابر حدود ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بیوماس خشک است. در شکل ۲۵-۶ انواع انرژی در یک اکوسیستم کشاورزی نشان داده شده است.

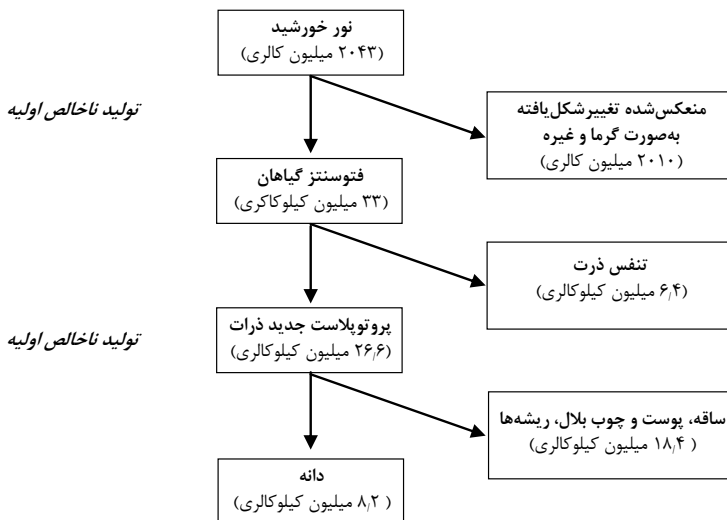
نور خورشید به مزرعه‌ای که کشاورز گیاه خاصی را در آن کشت نموده و رقابت سایر رویندگان را حذف کرده است برخورد می‌کند. مقداری از انرژی خورشیدی در طی فوتوسنتز تثبیت شده و در پروتوپلاست ذخیره می‌شود. این انرژی سپس به صورت مواد غذایی به انسان می‌رسد. زمانی که بشر از

انرژی خارج شده

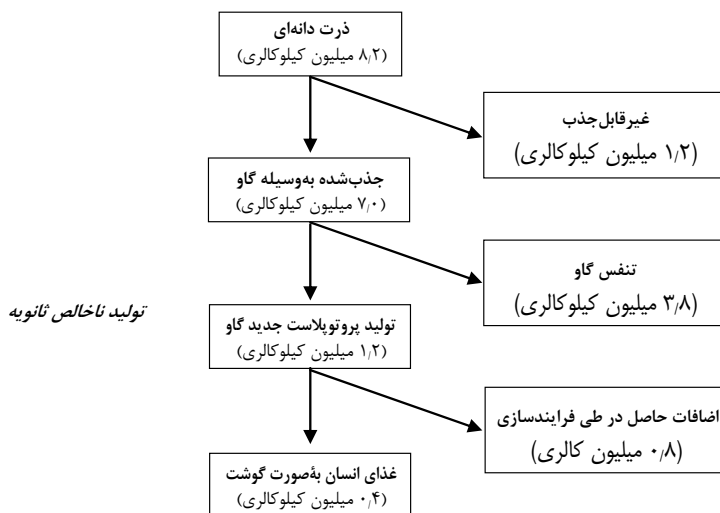


شکل ۲۵-۶ ورود و خروج انرژی در اکوسیستم کشاورزی.

گوشت تغذیه کند، پله دیگری در زنجیره غذایی اضافه می شود؛ یعنی گاو، خوک یا مرغ که از گیاهان تغذیه نموده، توسط بشر مصرف می گردد. نمونه هایی از جریان انرژی در یک ایگر از مزرعه ذرت در ایلی نوز امریکا که ۱۰۰ بوشل ذرت تولید داشته است، در شکل ۲۶-۶ نشان داده شده است. از انرژی نور



شکل ۲۶-۶ جریان انرژی در یک مزرعه ذرت.

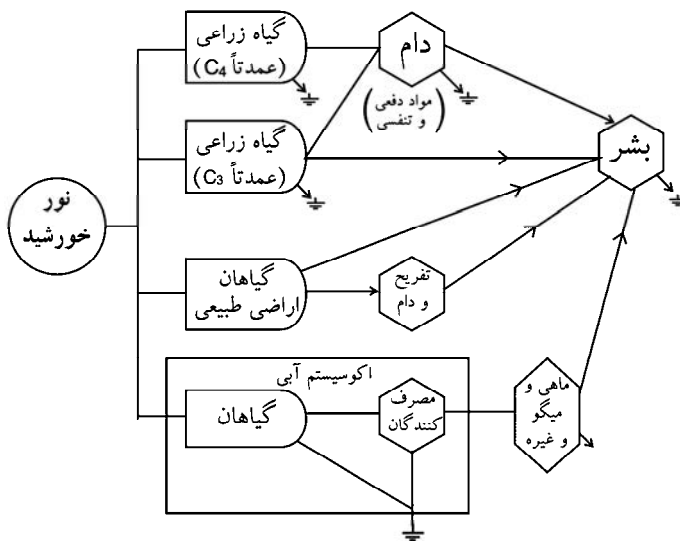


شکل ۲۷-۶ جریان انرژی از دانه ذرت تا تولید گوشت (غذای انسان).

خورشید که به یک ایگر مزرعه برخورد کرده (۲۰۴۳ میلیون کیلوکالری)، حدود ۱٫۶٪ در فتوسنتز مصرف شده است. ذرت مسیر فتوسنتزی گیاهان چهار کربنه (C_4) داشته و بنابراین انرژی نسبتاً کمی در تنفس مصرف می‌نماید و حدود ۸۰ درصد از ۳۳ میلیون کیلوکالری تولید ناخالص، به‌صورت تولید خالص درمی‌آید. از این مقدار تولید کل تنها دانه‌ها مستقیماً در غذا استفاده می‌شوند. چنانچه انسان مصرف کننده اولیه باشد تقریباً ۸٫۲ میلیون کیلوکالری پتانسیل قابل دسترس خواهد بود (صرف نظر از قسمت‌های غیرقابل هضم دانه و مواد دفعی). چنانچه ذرت به‌وسیله دام مصرف شود و انسان در سطح گوشتخواران قرار گیرد مقداری انرژی به‌صورت مواد دفعی یا غیرقابل هضم دام، تنفس دام و فرایندهای دیگر در کشتارگاه، از دست رفته و در نتیجه غذای انسان به این فرم در حدود ۵kcal٪ انرژی دانه ذرت خواهد بود. اگر دانه ذرت توسط مرغ یا خوک خورده شود انرژی از دست‌رفته کمتر بوده و در حدود ۱۰٪ انرژی دانه‌های ذرت، به انسان خواهد رسید.

دانه ممکن است به فرم‌های مختلف مورد استفاده انسان قرار گیرد. چنانچه دانه توسط دام برای تولید گوشت مصرف شود، ادامه جریان انرژی به شکل ۲۷-۶ خواهد بود.

بر اساس استانداردهای غذایی امریکا و اروپای غربی یک انسان در حدود یک میلیون کیلوکالری در سال انرژی نیاز دارد که به‌طور متوسط یک ایگر ذرت می‌تواند در حدود ۸ انسان را غذا بدهد. اما وقتی ذرت به‌صورت گوشت در بیاید یک ایگر ذرت تنها غذای یک انسان را برای مدت حدود ۵ ماه تأمین خواهد کرد. این نتایج می‌تواند دلیل اصلی فلسفه خام‌خواری^۱ (گیاهخواری)^۲ باشد. البته این امر دلیل آن نیست که به تولیدات دامی توجهی نشود. برای رشد و نمو اپتیمم انسان ممکن است نیاز به گوشت باشد. بیشتر تولید



شکل ۲۸-۶ جریان انرژی در سیستم‌های تولید غذای انسان.

گاوهای دنیا در مراعاتی است که به هر دلیلی مثل کمی بارندگی یا نامنظم بودن آن نایستی کشت و کار شوند. نشخوارکنندگان مثل گاو می‌توانند روی علف‌های چمنی زندگی کنند درحالی که بشر نمی‌تواند. کشاورزی مکانیزه مدرن مقدار بیشتری انرژی را از منابع خارج مزرعه که عمدتاً سوخت‌های فسیلی هستند دریافت می‌کند. بعضی از این انرژی‌ها برای هرکسی شناخته شده است. مثل سوخت مورد نیاز تراکتورها و کمپاین‌ها، انرژی مورد نیاز برای آفت‌کش‌ها و کودها، بنزین و برق برای آبیاری، برداشت کردن و خشک کردن. برخی دیگر از این نهاده‌ها ممکن است چندان شناخته نشده باشند مثل انرژی مورد نیاز برای ساختن و نگهداری تراکتورها، خاک‌ها و وسایل دیگر و نیز انرژی مصرفی برای تولید بذور هیبرید و اصلاح شده در کمپانی‌های تولید بذور. با این حال، برخی از نهاده‌های انرژی که خیلی کمتر به ذهن می‌رسند، پیوسته به‌طور کامل از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود؛ مانند انرژی مورد نیاز برای حفظ ادارات یا مدارس وابسته به دامپزشکی و نیز انرژی صرف شده به‌وسیله کمپانی‌های تولید بذور، دانشکده‌های کشاورزی و نمایندگی‌های توسعه بخش و استان که به گسترش و افزایش کیفیت فراورده‌های گیاهی جدید می‌پردازند. یارانه سوخت‌های فسیلی برای کشاورزی در قرن بیستم افزایش یافته است. در سال ۱۹۴۵ طبق بررسی‌هایی که به‌وسیله دیوید پی‌متل^۱ و کالینگوس^۲ در دانشکده کشاورزی نیویورک انجام شد برای اینکه یک ایکر ذرت حدود ۳/۴ میلیون کیلوکالری انرژی غذا تولید داشته باشد نیاز به کمتر از یک میلیون کیلوکالری سوخت فسیلی دارد (جدول ۶-۶).

1. David Pimentes
2. Colleagues

جدول ۶-۶ انرژی مصرفی در یک مزرعه تولید ذرت (اعداد برحسب کیلوکالری در ایکر).

نهاده	۱۹۴۵	۱۹۷۰
کارگر	۱۲,۵۰۰	۴,۹۰۰
ماشین	۱۸۰,۰۰۰	۴۲۰,۰۰۰
بنزین	۵۴۳,۴۰۰	۷۹۷,۰۰۰
نیتروژن	۵۸,۸۰۰	۹۴۰,۸۰۰
فسفر	۱۰,۶۰۰	۴۷,۱۰۰
پتاسیم	۵,۲۰۰	۶۸,۰۰۰
بذر برای کاشت	۳۴,۰۰۰	۶۳,۰۰۰
آبیاری	۱۹,۰۰۰	۳۴,۰۰۰
حشره کش	۰	۱۱,۰۰۰
علف کش	۰	۱۱,۰۰۰
خشک کردن	۱۰,۰۰۰	۱۲۰,۰۰۰
الکتریسته	۳۲,۰۰۰	۳۱۰,۰۰۰
حمل و نقل	۲۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰
کل نهاده‌ها	۹۲۵,۵۰۰	۲,۸۹۶,۸۰۰
عملکرد ذرت (بازده)	۳,۴۲۷,۲۰۰	۸,۱۶۴,۸۰۰
کیلوکالری تولیدشده به کیلوکالری مصرف شده	۳,۷	۲,۸۲

پانزده سال بعد، نزدیک به ۳ میلیون کیلوکالری انرژی سوخت فسیلی در ایکر توسط کشاورزان مصرف می‌گردید. هرچند که آنها عملکرد بیشتری مشاهده کرده‌اند، اما این عملکرد نسبت به افزایش مصرف سوخت زیاد نبوده و بنابراین نسبت کیلوکالری تولیدشده به کیلوکالری مصرف شده از ۳/۷ به ۲/۸ رسید. جدول ۶-۶ کاهش ناگهانی در انرژی نهاده‌های زراعی برای تولید ذرت را نشان می‌دهد.

در محصول ذرت به‌ازای مصرف هر کیلوکالری سوخت فسیلی، حدود ۳-۵ کیلوکالری انرژی از دانه آن به‌دست می‌آید. گیاهان چهار کربنه دیگر مثل نیشکر نیز معادل با این هستند (جدول ۶-۷). اکثر غلات، میوه‌ها و سبزیجات عملکرد بیشتری به‌ازای مصرف سوخت فسیلی دارند. فراورده‌های دامی برای تولیدشان نیاز به مصرف کیلوکالری بیشتری دارند.

تولیدات کشاورزی به انرژی نیازمندند (جدول ۶-۷). این انرژی برای رشد محصولات در مزرعه، افزایش رشد دام‌ها تا زمان کشتار، و نیز صید ماهی و میگو و حمل آنها به ساحل مورد نیاز است. این اعداد نشان‌دهنده نسبت سوخت فسیلی به انرژی غذا می‌باشند. به عنوان مثال، هر کیلوکالری شیر آماده در لبنیاتی نیازمند ۲/۸ Kcal سوخت فسیلی در مزرعه است.

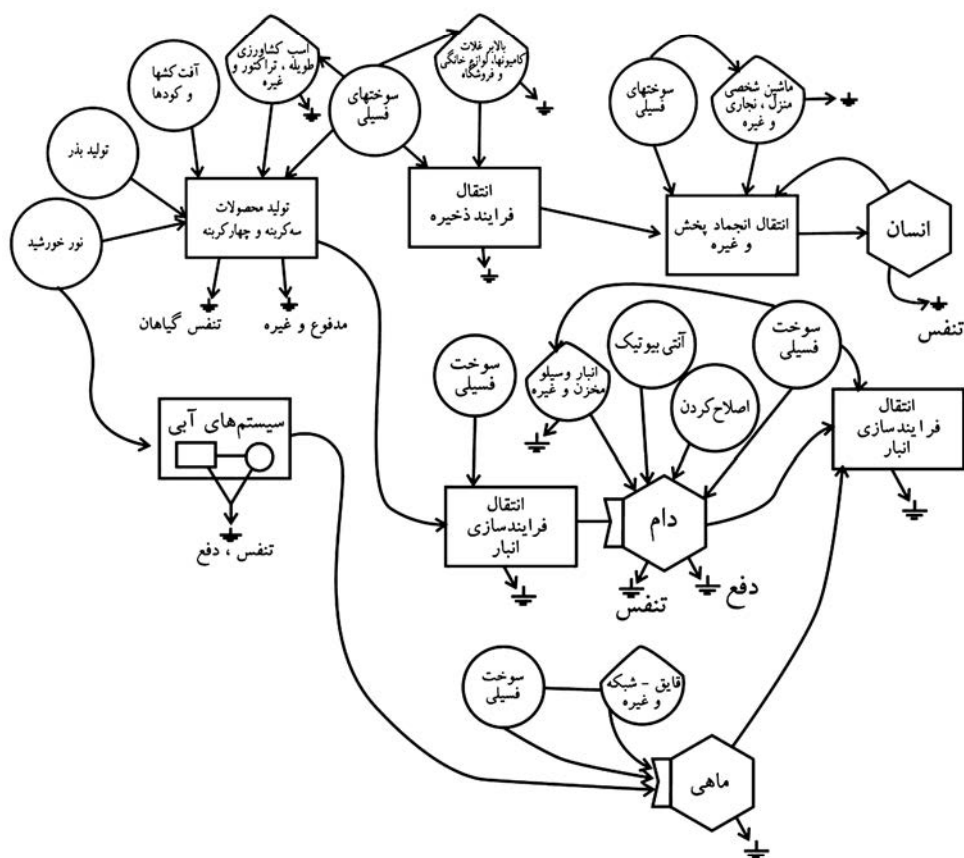
جدول ۷-۶ نسبت انرژی کمکی (سوخت فسیلی) به انرژی موجود در محصولات کشاورزی.

محصول	نسبت انرژی سوخت فسیلی به انرژی موجود در غذا	محصول	نسبت انرژی سوخت فسیلی به انرژی موجود در غذا
گیاهان سه کرینه		گیاهان چهار کرینه	
گندم	۰٫۳	نیشکر	۰٫۲
سویا	۰٫۴	ذرت	۰٫۲
برنج	۰٫۷	تولیدات دامی	
جو	۰٫۴	ماهی خاردار	۱٫۳
بادام زمینی	۰٫۷	شیر	۲٫۸
سیب زمینی	۰٫۷	تخم مرغ	۶٫۰
سیب	۰٫۸	مارماهی	۸٫۱
چغندر قند	۰٫۸	جوجه	۱۰٫۰
انگور	۱٫۰	گوشت خوک	۱۰٫۰
گلایه، هلو	۱٫۰	گاو	۱۵٫۰
اکثر سبزیجات	۲٫۰	میگو	۶۰٫۰
پرتقال و گریپفروت	۳٫۰		

مطالعات بسیاری درخصوص مصرف انرژی در کشاورزی صورت گرفته است. در برخی از این مطالعات ارزیابی اثرات محیطی ناشی از فعالیت‌های بشری و در برخی دیگر کارایی انرژی، فشرده‌گی انرژی یا عملکرد انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. در کشاورزی رایج، میزان زیادی از این انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم وارد مزرعه می‌شوند. کشاورزی رایج به میزان زیادی به نهاده‌های فشرده مانند کودهای شیمیایی، آفت کش‌ها و علف کش‌ها که البته در تولید و کاربرد آنها از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود، وابسته است. عملیات کشاورزی رایج و استفاده از نهاده‌های شیمیایی، علاوه بر آنکه کشاورزی را نسبت به افزایش قیمت نفت آسیب‌پذیر می‌نماید، باعث بروز برخی نگرانی‌ها پیرامون محیط زیست و سلامت انسان، نابودی زیستگاه‌های طبیعی، کاهش تنوع زیستی، فرسایش خاک، تخریب ساختمان خاک، ایجاد مخاطرات سلامتی در غذا، کاهش کیفیت غذا، افزایش هزینه‌ها برای کشاورز و اجتماع نیز شده است.

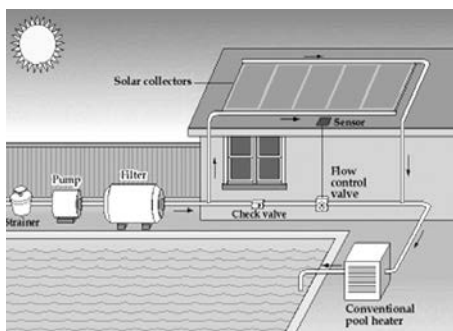
انرژی‌های جایگزین

زمانی که تولید سوخت‌های فسیلی با کمبود جدی مواجه شود قیمت مواد غذایی و سایر کالاها به شدت افزایش یافته فقر، ملل زیادی را مخصوصاً در کشورهای درحال توسعه نابود خواهد کرد. بنابراین، کمبود انرژی و سوخت در جهان، یکی از عوامل اصلی بروز این مشکلات است، اما مشکل بزرگ دیگر پایان پذیر بودن آنها و از طرف دیگر، آلودگی‌های ناشی از تولید و نگهداری و مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد.



شکل ۲۹-۶ نمونه‌ای از سیستم تولید غذا و چگونگی به‌دست‌آوردن غذا توسط انسان.

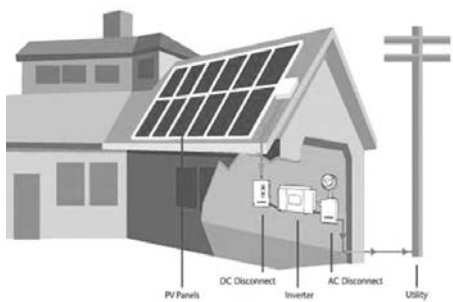
سناریوی دیگری که نگرانی‌های روزافزونی را برای دانشمندان و حتی عامه مردم به‌وجود آورده است موضوع تغییر اقلیم به‌عنوان یکی دیگر از بزرگترین چالش‌های زیست‌محیطی فراوری جهان امروز است. گرم‌ترین سال‌های ثبت‌شده در تاریخ داده‌های هواشناسی در پنج سال اخیر بوده است. تغییر اقلیم اتفاق افتاده و در مدت‌های طولانی اثرات قابل توجه بیشتری بر جای خواهد گذاشت. از جمله پیامدهای تغییر اقلیم می‌توان به‌بالا آمدن سطح آب‌ها در سواحل دریاها بر اثر ذوب‌شدن مخازن یخی، وقوع سیلاب‌ها، تنش‌های آبی، از بین رفتن تنوع زیستی و گرسنگی انسان‌ها اشاره نمود. امروزه نگرانی‌های زیادی در مورد گرمایش جهانی، باران‌های اسیدی و مواد زاید رادیواکتیو همراه ما هستند. هر یک از این موارد با کاربرد انرژی توسط ما در ارتباط می‌باشند. به‌عبارت دیگر، وقایع مختلفی مرتبط با اتفاقات آب‌وهوایی از قبیل سیل‌ها، طوفان‌ها، خشکی‌ها و امواج گرمایی در زمان حاضر اتفاق می‌افتد و مشخص‌کننده یک هشدار واضح از طبیعت برای حفاظت از محیط از طرف انسان‌ها می‌باشند. ضرورت کاهش مواد متصاعدشده و همزمان با آن نیاز برای



سیستم گرما - خورشیدی



انرژی خورشید برای پمپاژ آب

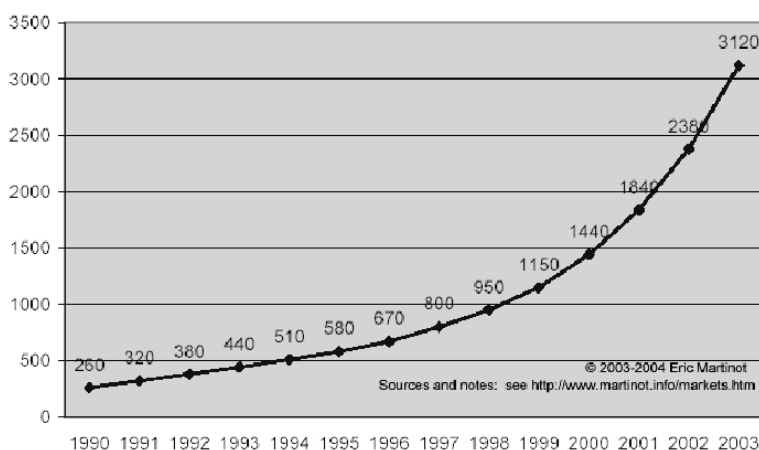


سیستم فتوالکتریک



شکل ۳۰-۶ نمونه‌ای از کاربرد انرژی خورشیدی.

افزایش صنایع، محققین و دانشمندان را وادار به تفکر و تحقیقات وسیع و غیرقابل اجتنابی برای یافتن منابع انرژی قابل تجدید پاک نموده است. کشورهای مختلف دنیا با پرسش سختی درمورد اینکه چگونه به بهترین روش می‌توانند بدون اینکه به محیط زیست صدمه بزنند انرژی کافی تهیه نمایند، مواجه شده‌اند. حتی امروزه این پرسش به مباحث سیاسی نیز به‌طور جدی وارد شده است. اینکه چگونه و چطور می‌توان نگرانی‌های عمومی را نسبت به کاهش ذخایر نفتی و تأمین انرژی کاهش داد و از طرف دیگر، انرژی از منابعی که حداقل انتشار و آلودگی محیط زیست را به‌دنبال داشته تأمین نمود، موجب شده است که امروزه محققین کشورهای مختلف دنیا به‌دنبال منابع انرژی جایگزین قابل تجدید و پاک می‌باشند. افرادی که نسبت به محیط زیست شهری، ناحیه‌ای و جهانی نگران هستند استدلال می‌کنند که گذار به‌طرف منابع جدید ضرورت پیدا کرده و این گذار می‌بایستی به‌محض آنکه از نظر اقتصادی و فنی میسر شد صورت بگیرد تا به رفع مشکلات محیط زیست از قبیل آلودگی هوا و گرمایش کره زمین کمک شود.



شکل ۳۱-۶ ظرفیت فتوولتایی (مگاوات) در کل دنیا در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳.

حدود ۹۵٪ از نفت جهانی صرف حمل و نقل می‌شود که نشانگر عمق فاجعه است. برخی توصیه می‌کنند که از گاز طبیعی تحت فشار^۱ (CNG) می‌بایستی به جای نفت استفاده شود. مصرف CNG حداقل نیاز به تجهیزات گران‌قیمتی دارد. متأسفانه هرچند که گاز طبیعی تمیزتر می‌سوزد اما یک سوخت فسیلی بوده و تمام ذخایر و قیمت جهانی آن همانند نفت بی‌ثبات است.

انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی یکی از منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست‌محیطی است که از دیرباز با روش‌های گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است (شکل ۳۰-۶). برخی معتقدند که اگر تنها یک درصد از صحراهای جهان به نیروگاه‌های خورشیدی تبدیل شوند برق سالانه کره زمین تأمین خواهد شد. به طور متوسط، خورشید در هر ثانیه ۱۰۲۰ کیلووات ساعت انرژی ساطع می‌کند که هرچند که تنها ۴۷٪ آن به سطح زمین می‌رسد اما انرژی ناشی از سه روز تابش خورشید به زمین برابر با تمام انرژی ناشی از احتراق کل سوخت‌های فسیلی در دل زمین است و نتیجه‌گیری شده است که در اثر تابش ۴۰ روز خورشید به زمین می‌توان انرژی مورد نیاز یک قرن را ذخیره کرد.

یکی از مهمترین کاربردهای انرژی خورشیدی، تولید الکتریسته (فرایند فتوولتایی) است. اصطلاح فتوولتایی از دو جزء فتو به معنای نور و ولتایی یا ولتاییک به معنای ولتاژ تشکیل شده است. سیستم‌های فتوولتایی (PV) که در اصل برای کاربردهای فضایی ابداع شده بودند انرژی نوری را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. طبق آمارهای موجود پانصد هزار خانه روستایی در کل دنیا از فتوولتایی استفاده می‌کنند. در کنیا اکثر خانه‌های روستایی الکتریسته مورد نیاز خود را به این روش دریافت می‌کنند.

1. Compressed Natural Gas (CNG)

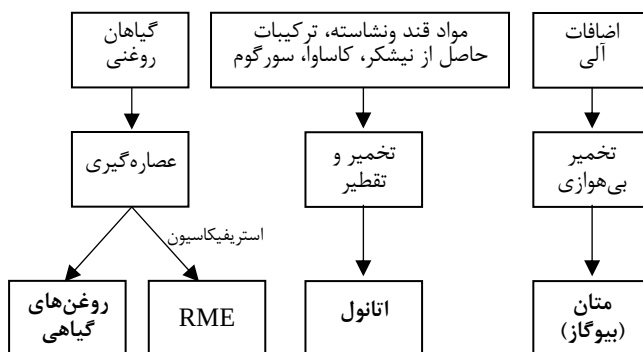
سیستم‌های فتوولتایی کاربردهای متفاوتی در کشاورزی دارند مانند تأمین نیروی موردنیاز برای آسیاب کردن محصولات، خوراک‌دهنده‌های دام، موتورهای سمپاشی، روشنایی، شارژ باتری‌ها، پمپ کردن آب.

انرژی زیستی

تقریباً تمام انرژی‌هایی که امروزه استفاده می‌کنیم از طریق فتوسنتز جمع‌آوری و ذخیره شده است. مقدار کربنی که هر ساله به وسیله گیاهان اتوتروف به صورت زیست توده تثبیت می‌شود حدود ۲۰۰ بیلیون تن که تقریباً ۱۰ برابر انرژی است که هر ساله استفاده می‌شود. از ۲۰۰ بیلیون تن تنها ۸۰۰ میلیون تن (۴/۰٪) برای تأمین غذای جمعیت انسانی استفاده می‌شود. انرژی نورانی که از خورشید می‌آید، مهمترین شکل انرژی برای بقای همه موجودات روی زمین است. انرژی خورشید در بسیاری از فعالیت‌های انسان استفاده می‌شود. در درجه اول در تولید محصولات کشاورزی و جنگل نقش دارد. گیاهان توانایی گرفتن یا تثبیت انرژی نورانی و تبدیل آن به انرژی شیمیایی جهت استفاده خود و حیواناتی که از آنها تغذیه می‌کنند را دارند. برگ‌های گیاهان مقدار کمی از تشعشع خورشیدی را جذب کرده و آن را به وسیله مکانیزم فتوسنتز به صورت انرژی شیمیایی ذخیره می‌کنند. این ذخیره، انرژی لازم برای گیاهان و حیوانات را فراهم می‌سازد. با عمل فتوسنتز کربن با کمک انرژی خورشید در برگ تثبیت شده و به صورت مولکول‌های پُرانرژی مانند قند، نشاسته و لیگنوسولوز در گیاه ذخیره می‌شود. انرژی ذخیره شده در طی فتوسنتز در اثر مصرف شدن برگ یا پوسیدن آن آزاد می‌شود

اراضی کشاورزی حدود ۳۷٪ از سطح زمین را اشغال کرده است. بیشتر از ۴۵۰ هزار گونه گیاهی در دنیا شناخته شده‌اند که تقریباً ۳ هزار گونه به عنوان غذا، کالا و سایر مواد اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حدود ۳۰۰ گونه گیاهی به عنوان گیاه زراعی اهلی شده و ۶۰ گونه جزء مهمترین گونه‌ها می‌باشند. این یک وظیفه حیاتی خواهد بود که تعداد گونه‌های گیاهی قابل استفاده به عنوان مواد اولیه سوخت‌های زیستی را افزایش دهیم. که این از طریق شناسایی، جداسازی، اهلی کردن و اصلاح بسیاری از گونه‌های گیاهی سطح زمین امکان‌پذیر است

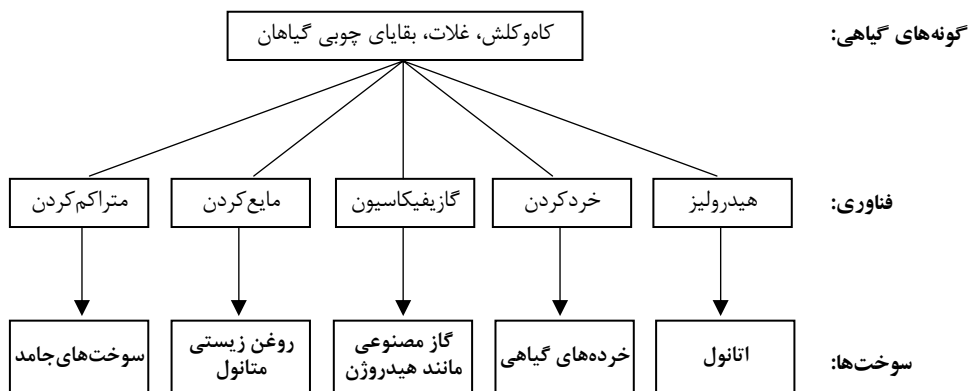
قدمت انرژی زیستی یا انرژی حاصل از زیست توده به هزاران سال پیش و به زمانی که بشر از سوزاندن چوب برای پختن غذا و گرم کردن محیط خود استفاده می‌کرد برمی‌گردد. امروزه نیز استفاده از چوب به عنوان زیست توده بزرگترین منبع انرژی زیستی است و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه هنوز چوب به عنوان یکی از منابع اولیه سوخت استفاده می‌شود. نیمی از انرژی مورد استفاده در قاره آفریقا به شکل چوب است. در اکثر کشورهای صنعتی تا قبل از بحران نفت به تدریج استفاده از چوب به عنوان سوخت کاهش یافت و با افزایش قیمت نفت در سال‌های بعد استفاده از چوب مجدداً افزایش پیدا کرد. به عبارت دیگر، تا اواسط قرن نوزدهم زیست توده و مخصوصاً چوب مهمترین منبع انرژی و مواد خام موردنیاز انسان بود. انتقال تدریجی به منابع انرژی فسیلی، ذغال سنگ، نفت و گاز طبیعی در طی انقلاب صنعتی اتفاق افتاد و در حال حاضر که مواد



شکل ۳۲-۶ روش‌های تبدیل زیست‌توده با روغن، قند و نشاسته بالا به سوخت‌های زیستی. RME سوخت گازی استر متیل حاصل از کلزا می‌باشد.

خام فسیلی رو به‌تمام هستند انسان دوباره به‌دنبال جایگزین آنها بوده به‌طوری‌که ضمن توجه به انرژی آب، باد، خورشید، جزرومد و زمین‌گرمایی، انرژی زیست‌توده به‌عنوان کلید اصلی راهکار انرژی‌های قابل‌تجدید مطرح شده است. زیست‌توده از منابع تجدیدپذیر اقتصادی است که دارای اثرات مثبت زیست‌محیطی نیز می‌باشد. با استفاده از زیست‌توده کربن اضافی به جو آزاد نمی‌شود و محتوی گوگرد آن نیز پایین است. در شکل ۳۲-۶ فرم‌های مختلف زیست‌توده حاوی مقادیر زیاد روغن، قند و نشاسته و تکنولوژی‌های مورد استفاده برای تولید سوخت‌های زیستی مختلف نشان داده شده است. تکنولوژی‌های دیگری که در تبدیل زیست‌توده دارای لیگنوسلولز بالا به سوخت‌های زیستی به کار می‌روند در شکل ۳۳-۶ نشان داده شده‌اند.

امروزه انرژی زیستی (bioenergy) به‌عنوان یک جایگزین قابل‌تجدید سالم به‌جای سوخت‌هایی غیرقابل‌تجدید فسیلی در حال گسترش بوده و به‌عنوان راهی برای کاهش میزان انتشار دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای مورد توجه روزافزونی قرار می‌گیرد. انرژی زیستی انرژی قابل‌تجدیدی است که برای



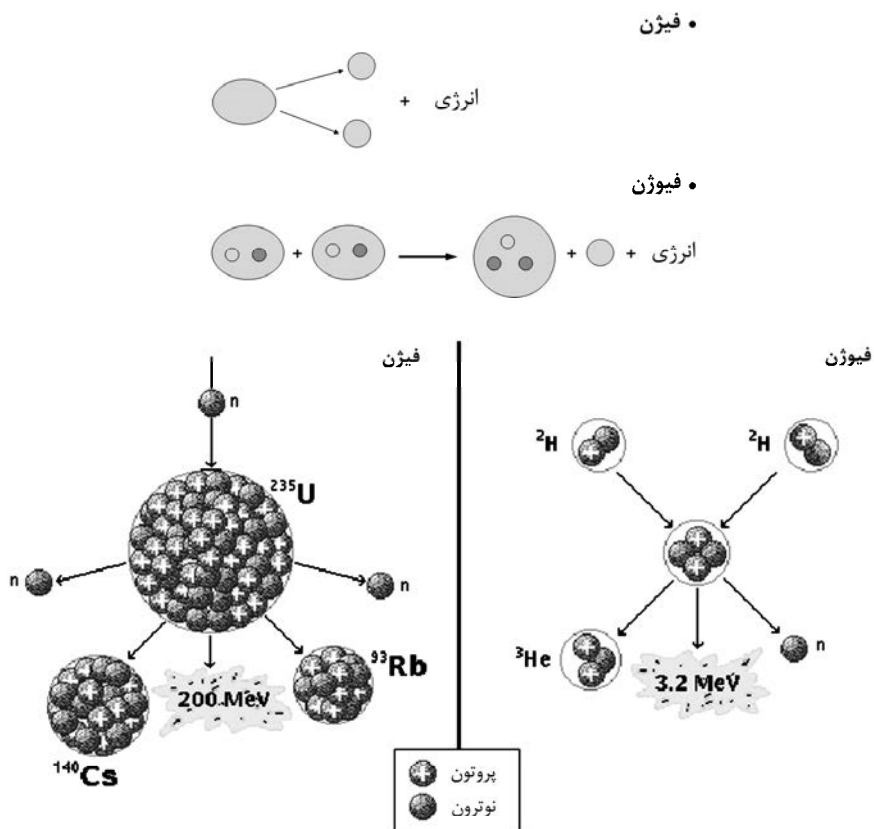
شکل ۳۳-۶ روش‌های تبدیل زیست‌توده غنی از لیگنوسلولز به سوخت‌های زیستی.

تولید گرما و یا سوخت ماشین آلات به کار می رود. انرژی زیستی که از زیست توده کشاورزی تولید می شود شامل سوخت های زیستی^۱ مانند بیواتانول^۲ که عمدتاً از غلات و گیاهان نشاسته ای و قندی تولید می شوند، بیودیزل^۳ که عمدتاً از گیاهان روغنی و چربی های حیوانی تهیه می شوند، بیوپاور^۴ به فرم الکتریسته و بیوهیت^۵ حاصل از فراورده های جنگل-زراعی^۶ (مثل الوار) فراورده های فرعی^۷ محصولات زراعی و دامی (مانند کاه و کود دامی) و گیاهان چمنی می باشند. اصطلاح مواد زیستی^۸ شامل مواد خام صنعتی و مواد فراوری شده ای هستند که از زیست توده گیاهی به وجود آمده اند. مواد زیستی که از زیست توده کشاورزی حاصل شده اند عمدتاً شامل روغن های صنعتی برای تولید رنگ و جوهر و غیره، نشاسته و قند حاصل از محصولاتی مانند غلات، سیب زمینی، چغندر قند و نیشکر که برای تولید پلیمرها، تمیزکننده ها، کاغذ و غیره، فیبرهای حاصل از پنبه و کنف، و فراورده های بازرشی که در سطح کم تولید می شوند مانند مواد آرایشی و بهداشتی می باشند. فراورده های زیستی^۹ شامل هم انرژی زیستی و هم مواد زیستی می شوند.

زیست توده جهانی به عنوان چهارمین منبع انرژی عنوان شده است که حدوداً ۱۵٪ از نیاز انرژی جهان را تأمین می کند و در کشورهای در حال توسعه مهمترین منبع انرژی محسوب می شود. به طوری که تقریباً ۳۵٪ از نیاز انرژی این کشورها را تأمین می کند. مصرف زیست توده عمدتاً در کشورهای در حال توسعه، یعنی مناطقی که معمولاً منابع اولیه انرژی نیز وجود دارند، می باشد. به علاوه، در برخی از کشورها مانند نپال و تانزانیا در حدود ۹۰٪ انرژی تولیدی شان از طریق مصرف زیست توده تأمین می شود.

به طور خلاصه استفاده روزافزون از سوخت های فسیلی، افزایش قیمت محصولات نفتی و کاهش ذخایر موجود، و از طرف دیگر، مشکلات زیست محیطی ناشی از تولید و مصرف سوخت های فسیلی، محققان را در جهت یافتن منابع جدید انرژی غیرنفتی ترغیب نموده است. سیستم های انرژی نیاز به انرژی های پایدار کارآمد، زیست مدار و از نظر اقتصادی کارا و قابل تجدید دارند. سوخت های زیستی انرژی های پاک جایگزینی قابل تجدیدی هستند که استفاده تلفیقی از آنها می تواند عدم وابستگی به انرژی های فسیلی غیرزیستی را افزایش داده و رهاسازی کربن در آتمسفر و مشکلات زیست محیطی ناشی از آن را کاهش دهند. در حال حاضر، تولید سالیانه سوخت های زیستی در دنیا در حدود ۳۵ بیلیون لیتر برآورد شده است که تنها بخش بسیار کوچکی (۲/۹٪) از ۱۲۰۰ بیلیون لیتر مصرف سالیانه سوخت جهانی را تأمین می کند. که براساس افزایش چشمگیر قیمت نفت و مشکلات مذکور پیش بینی می شود میزان تولید سوخت های زیستی در آینده افزایش چشمگیری داشته باشد. افزایش به کارگیری سوخت های زیستی از طریق کاهش مشکلات زیست محیطی و توجه به منابع قابل تجدید محلی، می تواند در توسعه پایدار نقش مؤثری داشته باشد.

1. Biofuel
2. Bioethanol
3. Biodeisel
4. Biopower
5. Bioheat
6. Agro-forestry
7. By-products
8. Biomaterials
9. Bioproducts



شکل ۳۴-۶ انرژی‌های هسته‌ای فیژن و فیوژن.

انرژی هسته‌ای

انرژی هسته‌ای عبارت از استفاده کنترل شده از واکنش‌های هسته‌ای به منظور آزادسازی انرژی برای کارهای مختلف از جمله حرکت، گرما و تولید الکتریسیته می‌باشد. در سال ۲۰۰۴، انرژی هسته‌ای ۶/۵٪ از کل انرژی جهان و نیز ۱۵/۷٪ از انرژی الکتریکی جهان را فراهم نمود. این منبع انرژی نیاز به تجهیزات پیشرفته‌ای دارد و از طرفی، بخشی از این انرژی همانند نفت غیرقابل تجدید است.

انرژی هسته‌ای را می‌توان در دو قالب شکاف هسته‌ای (فیژن)^۱ یعنی شکستن هسته‌ای به ذرات کوچک‌تر ریز و گداخت هسته‌ای (فیوژن)^۲ یا ترکیب هسته‌های اتم و تولید هسته‌های سنگین‌تر بررسی کرد (شکل ۳۴-۶). در هر دو حالت انرژی آزاد می‌شود. واکنش‌های مهارشده شکاف هسته‌ای در راکتورهای هسته‌ای صورت می‌گیرد و در نتیجه آن انرژی تولید می‌شود. این فرایند نیازمند اورانیوم به عنوان سوخت می‌باشد. تراکم

1. Fision
2. Fusion

اورانیوم میلیون‌ها سال طول می‌کشد به حدی برسد که بتوان آن را از معادن به صورت اقتصادی استخراج کرد. اورانیوم ۲۳۵ تنها ماده شکاف‌پذیری است که به طور طبیعی وجود دارد و لذا وجودش از نظر تولید انرژی هسته‌ای ضروری است. از طریق غنی‌سازی اورانیوم، تراکم اورانیوم ۲۳۵ را از ۰/۷٪ به ۳٪ می‌رسانند و این اورانیوم غنی شده به صورت سوخت در واکنش‌های شکاف هسته‌ای به مصرف می‌رسد.

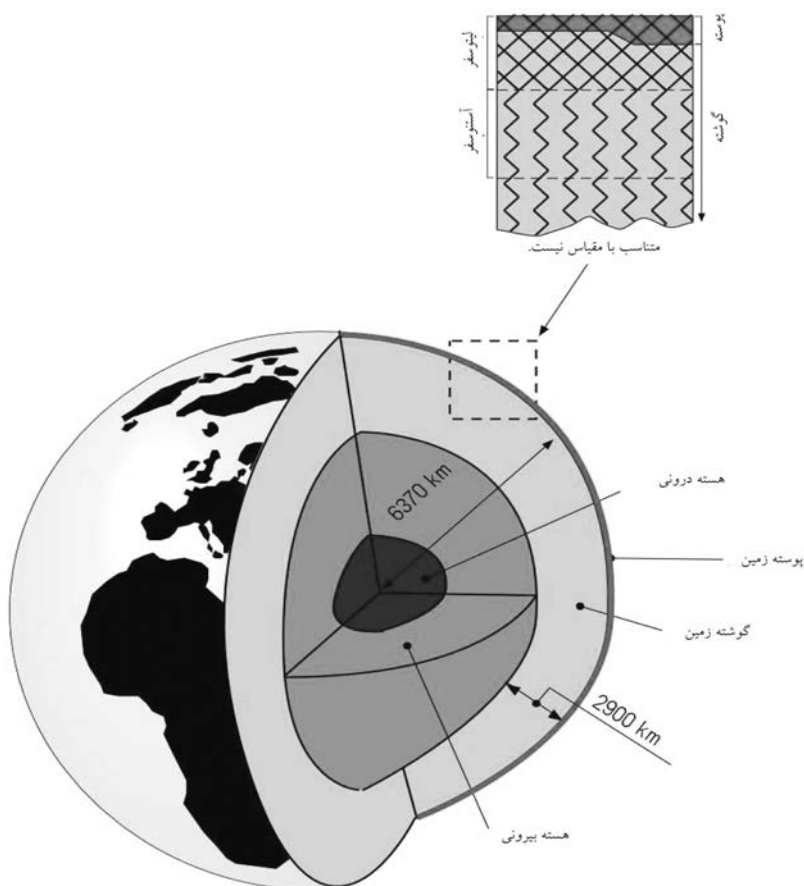
در راکتورهای هسته‌ای، اورانیوم ۲۳۵ را از طریق بمباران نوترونی می‌شکافند و محصول آن، نوترون، گرما و ترکش‌های شکافت می‌باشد. نوترون آزاد شده هر یک با اتم‌های اورانیوم ۲۳۵ اصابت می‌کنند و به طور کلی، نوترون‌های بیشتر، ترکش‌های شکافت و گرمای بیشتر آزاد می‌کنند. نوترون‌های آزاد شده دارای شتاب زیادی هستند و برای افزایش احتمال شکافت بایستی از سرعت آنها کاست و یا به اصطلاح آنها را مهار یا کندسازی نمود که متداولترین مهارکننده آن آب است.

برخلاف شکافت که در آن هسته‌های سنگین از قبیل اورانیوم می‌شکند، در فرایند گداخت عناصر سبکی از قبیل هیدروژن با هم جوشیده و یکی شده و عناصر سنگین‌تری از قبیل هلیوم به وجود می‌آید. همراه با بروز گداخت انرژی حرارتی آزاد می‌شود. گداخت هسته‌ای منبع انرژی در خورشید و سایر ستاره‌هاست. دو ایزوتوپ هیدروژن (دوتریوم و تریتیوم) در یک راکتور گداخت فرضی به درون محفظه آن یعنی جایی که موقعیت لازم برای گداخت تأمین شده تزریق می‌گردد. محصولات گداخت دوتریوم-تریتیوم شامل هلیوم و نوترون است که اولی مسئول تولید ۲۰٪ از انرژی آزاد شده و دومی ۸۰٪ آن می‌باشد.

برای بروز گداخت چندین شرط ضرورت دارد. اول آنکه درجه حرارت می‌باید فوق‌العاده بالا باشد (برای گداخت دوتریوم-تریتیوم حدود ۱۰۰ میلیون درجه سانتیگراد). دوم آنکه چگالی سوخت باید نسبتاً زیاد باشد. همه اتم‌ها در دمای لازم برای گداخت الکترون‌های خود را از دست داده و به پلاسما تبدیل می‌شوند. پلاسما ماده‌ای بدون بار الکتریکی است که از هسته‌ها و یون‌های مثبت و الکترون‌های با بار منفی تشکیل شده است. سوم آنکه پلاسما را می‌باید تا زمانی محدود نگاه داشت که اطمینان حاصل شود انرژی حاصل از گداخت از انرژی تأمین شده برای حفظ حالت پلاسما پیشی گیرد.

اگر نیروگاه گداخت هسته‌ای به وجود آید انرژی حاصل از آن پایان‌ناپذیر خواهد بود. یک گرم سوخت دوتریوم-تریتیوم (از یک آب و سوخت لیتیوم) معال ۴۵ بشکه نفت انرژی دارد. دوتریوم را به صورت مقرون به صرفه از آب اقیانوس می‌توان گرفت و تریتیوم را می‌توان از واکنش لیتیوم در یک راکتور شکافت تولید کرد و استخراج لیتیوم از ذخائر فراوان کانی آن به طور اقتصادی امکان‌پذیر است.

قبل از آنکه گداخت هسته‌ای بتواند در مقیاس بزرگ مورد استفاده قرار بگیرد بسیاری از مشکلات باید از سر راه برداشته شود. هنوز تحقیقات در این زمینه در مراحل اولیه است. این پژوهش‌ها شامل فیزیک پایه، آزمایش سوخت‌های احتمالی و حفظ و مهار مغناطیسی پلاسما می‌شود. پیشرفت تحقیقات گداخت در سال‌های اخیر مداوم بوده و امید می‌رود که دستیابی به انرژی مفید حاصل از گداخت مهار شده در نهایت امکان‌پذیر گردد.



شکل ۳۵-۶ پوسته، گوشته و هسته زمین. تصویر کوچک نشان‌دهنده پوسته و بخش فوقانی گوشته است.

انرژی ژئوترمال یا زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی انرژی بخش‌های درونی زمین است که سبب بروز پدیده‌های زمین‌شناسی در مقیاس کره زمین می‌شود. امروزه این واژه برای نشان‌دادن بخشی از گرمای زمین که می‌تواند توسط انسان مورد بهره‌برداری قرار گیرد به کار می‌رود.

هسته مرکزی زمین در عمق تقریبی ۶۴۰۰ کیلومتری قرار دارد و حرارتی بالغ بر 4000°C دارد. انرژی زمین گرمایی انرژی بخش‌های درونی زمین است که سبب بروز برخی از پدیده‌های زمین‌شناسی در مقیاس کره زمین می‌شود. امروزه این واژه برای نشان‌دادن بخشی از گرمای زمین که می‌تواند توسط انسان مورد بهره‌برداری قرار گیرد به کار می‌رود. علاوه بر دمای بالای هسته زمین، بخش زیادی از انرژی زمین گرمایی از طریق شکستن مداوم ایزوتوپ‌های رادیواکتیو با طول عمر زیاد نظیر اورانیوم ^{238}U و ^{235}U ،

توریوم ^{232}Th و پتاسیم ^{40}K که در زمین وجود دارند تولید می‌شود. استیسی و لوپر (۱۹۸۸) در رابطه با مقدار گرمای زمین چنین بیان داشتند که کل گرمای ساطع شده از زمین $10^{12} \times 42$ وات است. از این مقدار $10^{12} \times 8$ وات مربوط به پوسته زمین است که تنها دودرصد حجم زمین را تشکیل می‌دهد اما غنی از عناصر رادیواکتیو است. $10^{12} \times 32/3$ وات مربوط به گوشته زمین است که 82% از کل حجم زمین را تشکیل می‌دهد و $10^{12} \times 1/7$ وات مربوط به هسته زمین است که 16% از کل حجم زمین را تشکیل داده و عاری از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو است. میزان انرژی رادیوژنیک گوشته حدود $10^{12} \times 22$ وات و سرعت گرم شدن این بخش از زمین $10^{12} \times 10/3$ وات تخمین زده شده است. بنابراین، می‌توان گفت انرژی گرمایی زمین، منبع انرژی بسیار عظیمی بوده و تنها بخش کمی از آن توسط بشر استفاده شده است. استفاده از این انرژی به نواحی محدود می‌شود که در آنها شرایط جغرافیایی به گونه‌ای است که گرمای درونی زمین می‌تواند از طریق یک حامل (آب یا بخار آب) از اعماق داغ زمین به سطح یا نزدیک سطح زمین آمده و منابع زمین گرمایی یا ژئوترمال را ایجاد نماید.

انرژی زمین گرمایی در برخی کشورها نقش مهمی در تعادل انرژی این مناطق ایفا می‌کند. به عنوان مثال، در سال ۲۰۰۱ انرژی الکتریکی زمین گرمایی 27% کل الکتریسته تولید شده در فیلیپین، $12/4\%$ در کنیا، 4% در کاستاریکا و $3/4\%$ در السالوادور را تشکیل می‌داد. رایج ترین استفاده غیرالکتریکی از انرژی زمین گرمایی در دنیا (برحسب ظرفیت نصب شده) استفاده از پمپ‌های گرمایی ($34/8\%$)، استحمام ($26/2\%$)، گرم کردن فضا ($21/62\%$)، گلخانه‌ها ($8/22\%$)، کشت آبی ($3/93\%$) و فرایندهای صنعتی ($3/13\%$) می‌باشد.

فرایند خنک شدن زمین همچنان به آهستگی صورت می‌گیرد. گرمای گوشته در طی سه میلیارد سال تنها 300 تا 350°C کاهش یافته است. تخمین زده شده است که کل گرمای زمین $10^{24} \times 12/6$ مگاژول و گرمای پوسته زمین $10^{21} \times 5/4$ مگاژول است.

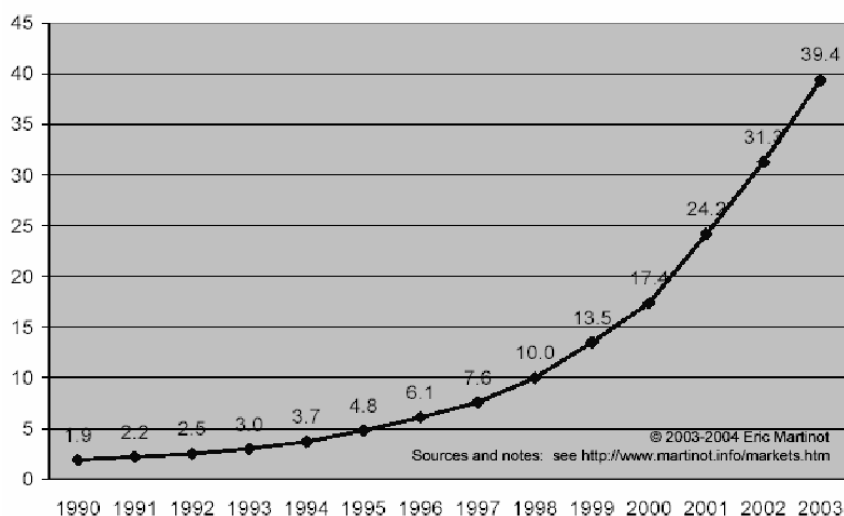
انرژی زمین گرمایی می‌تواند در مزارع، زمین‌ها و نیز در گلخانه‌ها استفاده شود. از آب گرم می‌توان برای آبیاری و یا گرم کردن خاک استفاده نمود. گرم کردن خاک با استفاده از لوله‌های زیر خاک و بدون استفاده از سیستم آبیاری می‌تواند هدایت گرمایی خاک را از طریق کاهش رطوبت اطراف لوله‌ها کاهش داده و بدین صورت، عایق گرمایی ایجاد کند. به نظر می‌رسد بهترین حالت ترکیب دو روش آبیاری و گرم کردن خاک است ولی در این صورت ترکیب شیمیایی آب‌های ژئوترمال مورد استفاده در آبیاری باید به منظور جلوگیری از ایراد اثرات سوء به گیاهان مرتب پایش شود. مزایای اصلی کنترل دما در کشاورزی در مزارع از این قرار است:

۱. جلوگیری از آسیب ناشی از دماهای کم محیط

۲. افزایش طول فصل رشد و رشد گیاه

۳. ضد عفونی کردن خاک

عمده ترین استفاده از انرژی زمین گرمایی در کشاورزی در گرم کردن گلخانه‌هاست که در بسیاری از کشورها در سطوح وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. تولید سبزیجات و گل‌ها در خارج از فصل رشد یا



شکل ۳۶-۶ ظرفیت نیروی باد در کل دنیا در طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۳.

شرایط اقلیمی مصنوعی و غیرطبیعی به میزان زیادی صورت می‌گیرد. راه‌حل‌های بسیاری برای حصول شرایط بهینه رشد بر مبنای دمای بهینه رشد گیاه، مقدار نور، غلظت دی‌اکسید کربن در محیط گلخانه و رطوبت خاک، هوا و تهویه موجود است. دیوارهای گلخانه می‌تواند از شیشه، فایبرگلاس و پلاستیک باشد. شیشه نسبت به پلاستیک بسیار شفاف‌تر بوده و اجازه عبور نور بیشتری را می‌دهد اما عایق‌بندی دمایی آن نسبت به پلاستیک کمتر بوده و نیز گرانتر است. ساده‌ترین گلخانه‌ها از یک لایه پلاستیک ساخته شده‌اند اما گلخانه‌های جدید شامل دیواره‌های دوجداره هستند که بین آنها هوا وجود دارد و بدین ترتیب تلفات گرما را حدود ۴۰-۳۰٪ کاهش داده و کارایی انرژی را افزایش می‌دهند. گرم کردن گلخانه می‌تواند از طریق گردش تحت فشار هوا یا آب داغ از طریق لوله‌هایی که روی سطح یا درون زمین تعبیه شده‌اند تأمین شود.

انرژی باد

انرژی باد به طور گسترده ولی پراکنده در دسترس می‌باشد. قبل از انقلاب صنعتی باد به عنوان یک منبع انرژی به میزان زیاد مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت ولی در طی انقلاب صنعتی سوخت‌های فسیلی به دلیل ارزان و قابلیت اطمینان بالا جایگزین انرژی باد شدند. با این وجود، بحران نفتی دهه ۱۹۷۰ باعث ایجاد تمایلات جدیدی در زمینه تکنولوژی انرژی باد جهت تولید برق متصل به شبکه، پمپاژ آب و تأمین انرژی الکتریکی نواحی دورافتاده گردید. در سال‌های اخیر، مشکلات زیست محیطی و مسئله تغییر آب و هوای کره زمین به علت استفاده از منابع انرژی متعارف این علائق را تشدید کرده است. در شکل ۳۶-۶ و جدول ۸-۶ ظرفیت نیروی باد در کل دنیا در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ و کل تولید نیروی باد در سطح دنیا بر حسب منطقه نشان داده شده است.

جدول ۸-۶ تولید نیروی باد در سطح دنیا برحسب منطقه.

ظرفیت نصب شده تقریبی (مگاوات) تا پایان سال ۲۰۰۵	کل دنیا و نیز برخی کشورهای استفاده کننده از نیروی باد
۵۹۰۰۰	کل تولید
۱۸۴۰۰	آلمان
۱۰۰۰۰	اسپانیا
۹۱۰۰	ایالات متحده امریکا
۴۴۰۰	هند
۳۱۰۰	دانمارک
۱۷۰۰	ایتالیا
۱۴۰۰	انگلستان
۱۳۰۰	چین

عامل چرخش آتمسفر زمین، انرژی خورشیدی است. تشعشع خورشیدی به سطح زمین برخورد کرده و بعضی قسمت‌های آنرا بیشتر از قسمت‌های دیگر گرم می‌کند. این امر شرایط فیزیکی لازم برای حرکت افقی و عمودی هوا را فراهم می‌کند. نتیجه این حرکت ایجاد یک توده هوای سیال و متحرک است. حرکت و اختلاط هوا باعث انتقال انرژی حرارتی از منطقه پرانرژی به منطقه کم‌انرژی می‌شود. برخی خواص فیزیکی که باعث چرخش آتمسفر می‌شوند عبارت‌اند از:

گرم و سرد شدن توده‌های هوا

گرم شدن نامساوی سطح زمین باعث می‌شود که در درون آتمسفر توده‌های هوای گرم و سبک در مقابل توده‌های هوای سرد و سنگین ایجاد شوند. توده‌های هوا این خواص حرارتی را به علت قرار گرفتن در عرض جغرافیایی به خصوص و یا عبور از روی یک سطح سرد یا گرم، کسب می‌کنند. در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر در نزدیک خط استوا اشعه خورشید که به عرض جغرافیایی و فصل سال بستگی دارد، به صورت عمودی و یا نزدیک به عمودی می‌تابد. علاوه بر این، به علت مایل بودن زمین، مناطق واقع در عرض‌های جغرافیایی پایین، انرژی تشعشعی بیشتری نسبت به مناطق نزدیک به قطب دریافت می‌کنند. این گرم شدن نامساوی زمین در عرض‌های جغرافیایی مختلف نقش مهمی را در الگوی چرخش آتمسفر بازی می‌کند.

اختلاف شیب فشار و اثر کوریولیس

گرم شدن نامساوی زمین باعث ایجاد مناطق پرفشار و کم‌فشار می‌شود. وقتی هوا گرم شد، هوای سبک‌تر بالا می‌رود و یک منطقه کم‌فشار در نزدیک سطح زمین به وجود می‌آید. در محلی که این هوا به زمین فرو می‌نشیند، یک منطقه پرفشار ایجاد می‌شود و این مناطق کم‌فشار و پرفشار یک اختلاف فشار افقی را به وجود می‌آورند که عامل حرکت هوا در سطح زمین یا همان باد می‌باشد. همچون حرکت آب در یک سرازیری

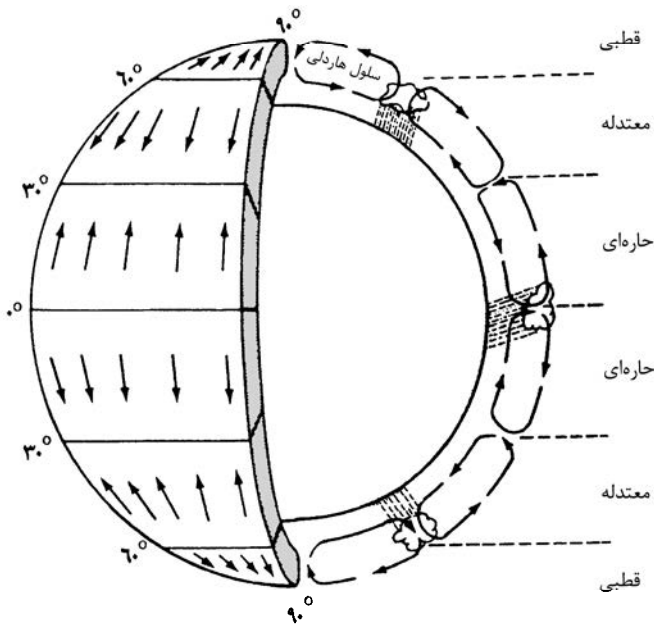
که درجهت شیب است، هوا هم درجهت شیب از منطقه پرفشار به منطقه کم‌فشار حرکت می‌کند و هرچه اختلاف فشار بین دو منطقه بیشتر باشد، سرعت باد ایجاد شده نیز بیشتر می‌شود.

اثر کوریولیس که بعضی اوقات به‌عنوان نیروی کوریولیس از آن نام می‌برند، یکی از عوامل مهم در تعیین جهت بادها در چرخش آتمسفر است. همان‌طور که زمین به‌دور محور خود می‌چرخد آتمسفر هم به‌همراه آن حرکت می‌کند، اما چون غلظت آتمسفر کمتر از زمین است، کندتر از زمین حرکت می‌کند. اگرچه از لحاظ فنی اثر کوریولیس را نمی‌توان یک نیرو در نظر گرفت، ولی از نظر ظاهری یک نیرو به‌نظر می‌رسد چون باعث می‌شود که جریان هوای سطح زمین در نیمکره شمالی به‌سمت راست و در نیمکره جنوبی به‌سمت چپ منحرف شود. این انحراف در حرکت هوا باعث ایجاد بادهای تجاری درجهت شمال شرقی و جنوب شرقی در مناطق گرمسیری می‌شود. این بادها در عرض‌های جغرافیایی متوسط درجهت غرب و در مناطق قطبی درجهت شرق می‌وزند.

سلول‌های هادلای

در استوا، هوای گرم به‌طرف بالا حرکت می‌کند. وقتی که این هوا به بالاترین قسمت، یعنی جایی که در آن تغییرات جوی شروع می‌شود (در حدود ۱۲ کیلومتر) رسید، از استوا به‌طرف قطب حرکت می‌کند. این توده هوا همان‌طور که به‌طرف قطب حرکت می‌کند سرد و متراکم می‌شود. این امر باعث می‌شود که این توده‌های هوا در عرض ۳۰ درجه شمالی و جنوبی به‌طرف پایین آتمسفر فروکش کنند. این مناطق که هوا در آنها فروکش می‌کند، به مناطق پرفشار نیمه‌گرمسیری معروف‌اند. از این کمربند پرفشار بادهایی به‌طرف استوا و قطب می‌وزند. برگشت هوا به‌طرف استوا باعث ایجاد یک سلول انتقال حرارت می‌شود که به سلول هادلای معروف است. این نوع چرخش آتمسفر تحت تأثیر نیروی کوریولیس تغییر می‌کند. بادهایی که طبق سلول هادلای در بالای آتمسفر به‌طرف قطب حرکت می‌کنند، به‌طرف راست یا شرق منحرف می‌شوند و بادهایی که در پایین آتمسفر به‌طرف استوا حرکت می‌کنند به‌طرف غرب منحرف می‌شوند. این بادها که به‌طرف شرق می‌وزند به بادهای تجاری معروف‌اند و برای کشاورزان نگرانی زیادی به‌وجود می‌آورند.

قسمتی از توده هوایی که به‌طرف پایین فرو می‌نشیند، از مناطق گرمسیری به‌طرف قطب حرکت می‌کند. این توده هوا، بادهای غالب در عرض‌های متوسط می‌باشد که به بادهای غربی معروف‌اند. وقتی که این هوا به هوای سرد قطبی که از قطب به اطراف پراکنده می‌شود برخورد کرد، تغییراتی در جبهه قطبی شکل می‌گیرد که به تبع آن مراکز کم‌فشار موقتی ایجاد می‌شوند. بنابراین، در الگوی کلی چرخش آتمسفر، چهار منطقه پرفشار در عرض‌های جغرافیایی مختلف وجود دارد. دو منطقه در قطب شمال و جنوب و دو منطقه دیگر در عرض‌های ۳۰ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی در کمربند نیمه‌گرمسیری قرار دارند. سه منطقه کم‌فشار هم در عرض‌های جغرافیایی دیگر وجود دارد، یکی در استوا که به باریکه کم‌فشار بین دو منطقه پرفشار معروف است و دیگری مناطق زیر قطبی در عرض‌های ۶۰ درجه شمالی و ۶۰ درجه جنوبی. این مناطق که دارای اختلاف فشار هستند شرایط عمومی برای تشکیل اکثر الگوهای اقلیمی در جهان ایجاد می‌کنند.



شکل ۳۷-۶ چرخه های آتمسفری جهانی

دوری از دریا

گرمای ویژه خاک کمتر از گرمای ویژه آب است و به همین دلیل است که در درجه حرارت های بالا، درجه حرارت خشکی سریع تر از دریا بالا می رود و در درجه حرارت پایین، درجه حرارت خشکی زودتر از دریا پایین می آید. این خاصیت با فاصله گرفتن خشکی از دریاها بارزتر می شود و به عنوان پدیده دوری از دریا شناخته می شود. نتیجه کلی این پدیده این است که مناطق دور از دریا دارای دامنه وسیع تغییرات درجه حرارت روزانه و فصلی می باشند. به خاطر پدیده دوری از دریا، خشکی ها نسبت به اقیانوس های مجاور در زمستان سردتر هستند و به همین علت سلول های پرفشار آنها از سلول های پرفشار دریاها جدا می شود. در تابستان خشکی ها در مقایسه با اقیانوس های نزدیک آنها خیلی بیشتر گرم شده و سلول های کم فشار را به وجود می آورند. این پدیده بیشتر در عرض های جغرافیایی متوسط و در نیمکره شمالی یعنی جایی که اکثر خشکی های دنیا در آنجا واقع شده اند، اتفاق می افتد.

محل تقارن دو منطقه گرمسیری

کمربند کم فشار واقع در استوا، محل تقارن دو منطقه گرمسیری نامیده می شود. هوای بالای مناطق نیمه گرمسیری از همه طرف به سوی این منطقه کم فشار پایین می آید و بعد از گرم شدن دوباره بالا می رود. این موضوع به علت وجود تشعشع زیادی است که از خورشید به این منطقه رسیده و آنرا گرم می کند. اگر زمین حول یک محور مایل گردش نمی کرد و بخش اعظم خشکی ها در نیمکره شمالی نبود، منطقه فوق در

تمام طول سال نزدیک خط استوا باقی می‌ماند. مایل بودن محور زمین باعث می‌شود که در طول سال محل تقارن دو منطقه گرمسیری و اجزای مرتبط به آن، از طرف شمال به جنوب در حرکت باشد. از طرفی این منطقه به عنوان جزء مرکزی چرخش آتمسفر، در طول ۱۲ ماه چرخش خود، سلول‌های هادلای و مناطق نیمه گرمسیری پرفشار را به جلو و عقب می‌راند. مهاجرت فصلی کل سیستم چرخش آتمسفر، باعث ایجاد تغییرات فصلی قابل پیش‌بینی در کره زمین می‌شود و این تغییرات هستند که نوع کشاورزی را در یک منطقه مشخص می‌کنند.

جبهه قطبی و جریانات سریع آن

جبهه قطبی یک منطقه ناپایدار در عرض‌های جغرافیایی متوسط است. این جبهه حد فاصل توده‌های هوای سرد قطبی و توده‌های هوای گرم و مرطوب نیمه گرمسیری است. وقتی هوای منطقه نیمه گرمسیری به طرف قطب منحرف می‌شود، سرعت آن زیاد می‌شود و در مدت زمان کمی به هوای سرد قطبی می‌رسد. در این نقطه، هوای متحرک و سریع تماماً، در کناره‌های توده هوای سرد و متراکم قطبی قرار می‌گیرد و تبدیل به توده هوایی می‌شود که به عنوان جریانات سریع قطبی شناخته می‌شود. سرعت این توده‌ها در قسمت درونی به ۳۰۰ کیلومتر و گاهی بیشتر می‌رسد. جریانات سریع قطبی یک حالت ناپایدار در آتمسفر هستند.

توربین‌های بادی

بهره‌برداری از انرژی باد با توربین‌های بادی تفکری قدیمی است. سیستم‌های اولیه انرژی بادی در چین باستان و خاور نزدیک به کار گرفته شدند. هنگامی که از قرن پانزدهم فعالیت‌های اقتصادی در اروپای غربی افزایش پیدا کرد، توربین‌های بادی جهت تأمین نیروی مکانیکی برای پمپاژ آب و آسیاب غلات اهمیت پیدا نمودند. در قرن نوزدهم توربین‌های بادی سهم بسزایی در توسعه اقتصادی کشورهایی مانند هلند، دانمارک و ایالات متحده آمریکا ایفا کردند. به عنوان نمونه، تا اوایل قرن نوزدهم در حدود ۱۰۰۰۰ توربین بادی بزرگ با روتورهای تا اندازه ۲۸ متر در هلند در حال فعالیت بودند. در دانمارک انرژی باد تا نیمه دوم قرن نوزدهم به تسلط خود ادامه داد. در این زمان در حدود ۳۰۰۰ توربین بادی با ظرفیت حدود ۲۰۰-۱۵۰ مگاوات در حال فعالیت بودند و صنایع دانمارک یک چهارم نیاز خود به انرژی را از انرژی باد تأمین می‌کردند.

پس از انقلاب صنعتی و به ویژه در قرن بیستم بهره‌برداری از انرژی باد به علت استفاده از منابع ذغال سنگ، نفت، گاز و برق‌رسانی به روستاها به سطح قابل اگماضی کاهش یافت. توربین‌های بادی قدیمی دیگر از نظر اقتصادی قابل رقابت نبودند. در نتیجه پژوهش بسیار کمی جهت توسعه توربین‌های بادی جدید و کارآمد انجام شد. توسعه توربین‌های بادی به منظور تولید برق در نیمه دهه ۱۹۷۰ در واکنش به بحران انرژی ۱۹۷۳، دوباره از سر گرفته شد. در نتیجه تکنولوژی توربین بادی به طور قابل ملاحظه‌ای پیشرفت کرد و هزینه برق تولید شده به وسیله توربین بادی به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد. توربین‌های بادی را می‌توان به دو گروه اصلی شامل توربین‌های با محور عمودی و توربین‌های با محور افقی تقسیم‌بندی کرد.

از توربین‌های بادی کوچک جهت تأمین برق جزیره‌های مصرف و یا مناطقی که تأمین برق از طریق شبکه سراسری برق مشکل می‌باشد استفاده می‌شود. این توربین‌ها تا قدرت ۱۰ کیلووات توان تولید برق را دارا می‌باشند. توربین‌های متوسط عموماً توان تولید بین ۲۵۰-۱۰ کیلووات را دارا هستند و از این توربین‌ها جهت تأمین مصارف مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی استفاده می‌شود. توربین‌های بادی بزرگ (مزارع بادی) معمولاً شامل چند توربین بادی متمرکز با توان تولیدی ۲۵۰ کیلووات به بالا می‌باشند که به صورت متصل به شبکه و یا جدا از شبکه طراحی می‌گردند.

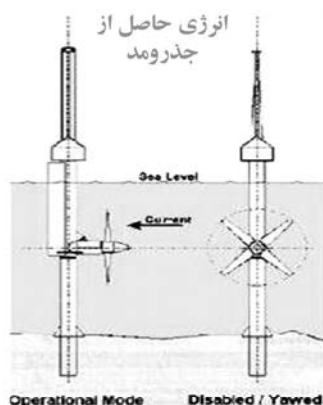
تولید الکتریسیته از انرژی باد

یکی از کشورهایی که میزان استفاده از الکتریسیته حاصل از انرژی باد در آن بسیار بالاست کشور امریکاست. در سال ۲۰۰۵ این نوع الکتریسیته حدود ۰/۱٪ از کل انرژی مصرفی امریکا را تشکیل می‌داد. الکتریسیته حاصل از باد که در امریکا در کشاورزی استفاده می‌شود ۲۸٪ و نسبت به کل انرژی مصرفی در کشاورزی ۹٪ می‌باشد. طبق گزارش سازمان انرژی بادی امریکا ظرفیت تولید انرژی بادی در ایالات متحده از اواخر دهه ۱۹۹۰ از ۱۸۴۸ مگاوات در سال ۱۹۹۸ به ۱۱۹۱۴ مگاوات در سال ۲۰۰۶ رسیده است.

در ایران نیز با توجه به وجود مناطق بادخیز طراحی و ساخت آسیاب‌های بادی از ۲۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح رایج بوده و هم‌اکنون نیز بستر مناسبی جهت گسترش بهره‌برداری از توربین‌های بادی فراهم می‌باشد. مولدهای برق بادی می‌توانند جایگزین مناسبی برای نیروگاه‌های گازی و بخاری باشند. مطالعات و محاسبات انجام‌شده در زمینه تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران نشان داده‌اند که تنها در ۲۶ منطقه از کشور (شامل بیش از ۴۵ سایت مناسب) میزان ظرفیت اسمی سایت‌ها، با در نظر گرفتن یک راندمان کلی ۳۳٪، در حدود ۶۵۰۰ مگاوات می‌باشد و این در شرایطی است که ظرفیت اسمی کل نیروگاه‌های برق کشور، (در حال حاضر) ۳۴۰۰۰ مگاوات می‌باشد. در توربین‌های بادی، انرژی جنبشی باد به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد.

انرژی امواج

امواج در اثر انتقال انرژی از باد به دریا به وجود می‌آیند. نرخ این انتقال انرژی بستگی به سرعت باد و نیز به مسافتی دارد که در طول آن باد با سطح آب در فعل و انفعال بوده است (میدان وزش). موج‌ها به‌خاطر جرم آبی که نسبت به سطح متوسط دریا جابه‌جا شده، انرژی پتانسیل و به‌خاطر سرعت ذرات آب، انرژی جنبشی با خود حمل می‌کنند. انرژی ذخیره‌شده از طریق اصطکاک و اغتشاش و با شدتی که بستگی به ویژگی امواج و عمق آب دارد بدون استفاده می‌ماند. موج‌های بزرگ در آب‌های عمیق، انرژی خود را با کندی از دست می‌دهند؛ در نتیجه سیستم‌های امواج بسیار پیچیده هستند و اغلب هم از بادهای محلی و هم از طوفان‌هایی که روزها قبل در دوردست اتفاق افتاده‌اند سرچشمه می‌گیرند.

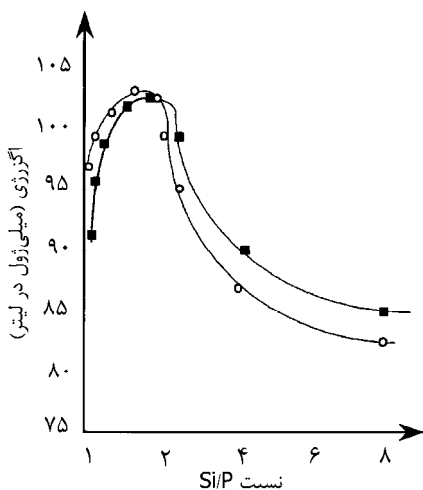


شکل ۳۸-۶ برخی از انواع انرژی‌های جایگزین.

شدیدترین بادهای بین عرض‌های جغرافیایی ۴۰ تا ۶۰ درجه در هر دو نیمکره شمالی و جنوبی می‌وزند. همچنین بادهایی با سرعت کمتر در مناطق بادهای تجاری به علت نظم نسبی‌شان وضعیت موجی بالقوه جذابی را ایجاد می‌کنند. سواحلی که در معرض بادهای غالب و میدان وزش طولانی هستند احتمالاً دارای بزرگترین دانسیته موجی می‌باشند. به عنوان مثال، انگلستان، سواحل غربی ایالات متحده و سواحل جنوبی زلاندنو به طور عالی در معرض عوامل فوق بوده و از وضعیت موجی بسیار خوبی برخوردارند.

هیدروژن، سوخت جایگزین

در میان منابع سوختی می‌توان از هیدروژن نام برد. سوختی پاک، با پتانسیل انرژی بالا و به فراوانی آب. در مقالات اخیر هیدروژن را به عنوان سوخت جایگزین برای سوخت‌های نفتی در نظر گرفته‌اند که به طور گسترده در دسترس می‌باشد. برای سوخت‌های هواپیما، وسایل نقلیه و تجهیزات مزرعه‌ای و برای گرمایش خانه‌ها، کارخانه‌ها، آب و تولید الکتریسیته به کار می‌رود. امروزه تکنولوژی‌هایی برای تولید، انتقال، ذخیره و استفاده از هیدروژن در دسترس می‌باشد.



شکل ۳۹-۶ رابطه اگرزژی و نسبت سیلیس به فسفر (Si/P) در مورد دو گونه دیاتومه دارای شاخص‌های نیمه‌اشباع مختلف برای سیلیسیوم و فسفر بترتیب برای منحنی مربع‌دار $p=0.003$ و $Si=0.5$ و برای منحنی دایره‌دار $p=0.1$ ، $Si=0.5$ میلی‌گرم در لیتر.

هیدروژن، یکی از فراوان‌ترین عناصر در طبیعت است. سوختن هیدروژن با انرژی زیاد، تنها خروجی آب را در پی دارد؛ پس آیا هیدروژن می‌تواند تمام مشکلات گذشته را حل کند؟ البته تکنولوژی چنین موتوری بسیار پیچیده‌تر است و در حال حاضر، تأسیسات سوخت‌رسانی چنین خودرویی نیز بسیار گرانقیمت هستند؛ ولی هم‌اکنون دو راه برای استفاده از هیدروژن در خودروها پیشنهاد شده است که یکی استفاده از پیل سوختی و دیگری استفاده از موتورهای درون‌سوز هیدروژنی است.

اگرزژی

مفهوم اگرزژی^۱ براساس تلاش‌های اخیر برای ایجاد مدلی است که عکس‌العمل‌های انرژی موجودات زنده یک اکوسیستم را بیان نماید. این روش سعی دارد مدل‌های ترمودینامیکی^۲ را براساس عمل اکوسیستم توسعه دهد مانند چگونگی پاسخ موجودات زنده یک اکوسیستم به تغییرات خاص محیطی. بنابراین، اگرزژی شاخصی است که نشان‌دهنده آن است که چقدر اکوسیستم از حالت تعادل ترمودینامیکی فاصله گرفته است. با افزایش مواد زنده یک اکوسیستم (و افزایش پیچیدگی مواد زنده از لحاظ اطلاعات ژنتیکی)^۳ اگرزژی افزایش می‌یابد. مفهوم اگرزژی ممکن است قادر به این پیشگویی باشد که آیا در شرایط موجود در یک اکوسیستم تعداد مشخصی از گونه‌های موجودات زنده قادر به حیات خواهند بود؟ توسعه و تکامل موجودات زنده در اکوسیستم‌ها ناشی از جریان کلی انرژی (اگرزژی) بوده به‌طوری که مجموعه موجودات زنده اعم از اجزای نگهدارنده بیوماس و مجموعه اطلاعات (ژن‌های) آنها تحت شرایط موجود بتواند بقا

داشته باشد. چنین موجودات زنده‌ای بیشترین انرژی را در سیستم خواهند داشت. این عملاً بازگویی مجدد همان نظریه معروف داروین "بقای برترها"^۱ می‌باشد اما انرژی آن‌را از دید انرژی و مجموعه اطلاعات این نظریه را بیان نموده است.

چنانچه محتوای اطلاعات ژنتیکی هر جزء سیستم (از صفر برای مواد غیرزنده آلی تا حداکثر برای پستانداران)، بیوماس اجزاء (که شامل بقایای آلی موجودات زنده نیز می‌باشد) و حجم اکوسیستم را داشته باشیم عملاً محاسبه انرژی حداقل به صورت تقریبی امکان‌پذیر خواهد بود. واحدهای آنها گرم-معادل-بقایا^۲ در لیتر می‌باشد. تبدیل این واحد به انرژی به سادگی امکان‌پذیر است زیرا کاری که یک گرم بقایا می‌تواند انجام دهد معادل ۱۸,۸kJ می‌باشد. بنابراین، انرژی براساس kJ/Litre برآورد خواهد شد. انرژی می‌تواند برای هر جزء به صورت جداگانه و یا برای کل اکوسیستم محاسبه گردد.

برای مثال، در اکوسیستم‌های آبی برکه نسبت سیلیس به فسفر در انتخاب موفقیت‌آمیز گونه دیاتومه در داخل فیتوپلانکتون مهم است. اگر نسبت مذکور بالا باشد دیاتومه‌های دارای شاخص نیمه‌اشباع پایین فسفر (گونه‌هایی هستند که در نسبت‌های کم عنصر فسفر می‌توانند رشد کنند) انتخاب خواهند شد. اگر نسبت فوق کم باشد گونه‌های دارای شاخص نیمه‌اشباع کم سیلیس غالب خواهند شد. شکل ۳۹-۶ انرژی را برای دو گونه دیاتومه با شاخص‌های نیمه‌اشباع مختلف در یک برکه آب شیرین نشان می‌دهد. این گونه مطالعات بیانگر آن است که ایده استفاده از "انرژی حداکثر"^۳ به عنوان یک پیشگویی کننده توالی گونه‌ها، در استفاده از مدل‌ها در اکوسیستم‌ها ارزش تحقیقات بیشتر را دارد.

1. Darwin's famous "survival of the fittest" theory
3. Maximum exergy

2. g detritus-equivalent per litre

چرخه‌های زیست - زمین - شیمیایی (بیوژئوشیمیایی)

مقدمه و تعاریف

مواد سازنده اکوسیستم‌ها یا مواد غذایی^۱ اجزای تشکیل دهنده حیات می‌باشند. در فصل قبل اهمیت انرژی و اینکه چگونه اکوسیستم‌ها انرژی را برای انجام وظایف و اعمال خود به کار می‌برند مورد بررسی قرار گرفت. انتقال انرژی در اکوسیستم بستگی به قابلیت دسترسی به مواد خاصی دارد. ضرورت اصلی تمام مواد موجود در اکوسیستم چرخه^۲ آنها می‌باشد. بدون وجود چرخه مواد، اعمال اکوسیستم به‌زودی متوقف خواهند شد. این فصل به اهمیت مواد و چرخه آنها در اکوسیستم پرداخته است.

مواد غذایی عناصر شیمیایی هستند که برای ساختن مواد زنده مورد استفاده قرار می‌گیرند. ورود مواد به اکوسیستم همانند ورود انرژی، از گیاهان سبز (اتوتروف‌ها) شروع می‌شود. این یک نقطه شروع منطقی است زیرا ورود مواد در ساده‌ترین ترکیب شیمیایی می‌باشد. با این حال، باید توجه داشت که مواد موجود در یک اکوسیستم در چرخه‌های مداوم و عمدتاً بسته‌ای وجود دارند. تمام عناصر شیمیایی موجود در زمین در ساختن مواد بیولوژیکی تا جایی که تا به حال شناخته شده‌اند نقش ندارند و از حدود بیش از ۱۰۰ عنصری که انسان در طبیعت شناخته است، ۳۰ تا ۴۰ عنصر برای زندگی موجودات زنده لازم هستند. اکثر مواد و به‌طور مشخص حداقل ۹۰٪ کل بیوماس ترکیبی از سه عنصر کربن، هیدروژن و اکسیژن هستند که به آنها مواد غذایی اصلی^۳ می‌گویند. این مواد از تجزیه آب و دی‌اکسید کربن مستقیماً از آتمسفر یا محلول در آب به‌دست می‌آیند. ۱۰٪ بقیه را کمتر از ۳۰ عنصر با مقادیر مختلف تشکیل می‌دهند که برخی از این عناصر مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد به‌مقدار زیاد (بیش از ۰/۰۰۱٪) مورد استفاده قرار می‌گیرند که به آنها عناصر ماکرو^۴ یا پرمصرف گفته می‌شود و برخی دیگر مثل آهن، منگنز، روی و غیره به‌مقدار کم (کمتر از ۰/۰۰۱٪) لازم هستند، که به آنها عناصر میکرو^۵ یا کم‌مصرف گفته می‌شود (جدول ۱-۷). این

1. Nutrients
2. Cycling
3. Major nutrients

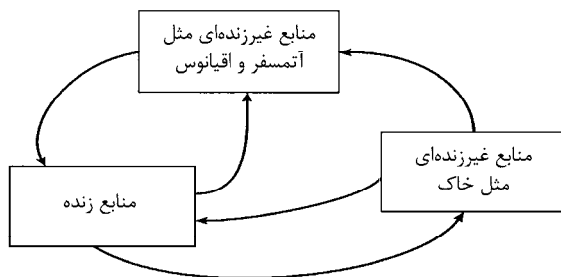
4. Macronutrients
5. Micronutrients

جدول ۱-۷ عناصر غذایی و میزان نسبی آنها در بیوسفر.

عنصر	علامت شیمیایی	درصد ترکیبی در بیوسفر	عنصر	علامت شیمیایی	درصد ترکیبی در بیوسفر
<u>عناصر اصلی</u>					
هیدروژن	H	۴۹٫۷	سدیم	Na	کمتر از ۰٫۰۰۱
اکسیژن	O	۲۴٫۹	آهن	Fe	کمتر از ۰٫۰۰۱
کربن	C	۲۴٫۸	کلر	Cl	کمتر از ۰٫۰۰۱
جمع		۹۹٫۴	فلور	F	کمتر از ۰٫۰۰۱
<u>عناصر ماکرو</u>					
نیتروژن	N	۰٫۲۷	ید	I	کمتر از ۰٫۰۰۱
کلسیم	Ca	۰٫۰۷۳	منگنز	Mn	کمتر از ۰٫۰۰۱
پتاسیم	K	۰٫۰۴۶	کبالت	Co	کمتر از ۰٫۰۰۱
سیلیسیوم	Si	۰٫۰۳۳	مس	Cu	کمتر از ۰٫۰۰۱
منیزیم	Mg	۰٫۰۳۱	روی	Zn	کمتر از ۰٫۰۰۱
فسفر	P	۰٫۰۳۰	وانادیوم	Va	کمتر از ۰٫۰۰۱
سولفور	S	۰٫۰۱۷	قلع	Sn	کمتر از ۰٫۰۰۱
جمع		۰٫۵۱۶	سایر عناصر در مقادیر بسیار ناچیز		
آلومینیوم	Al	۰٫۰۱۶	جمع		کمتر از ۰٫۰۱

عناصر از بخش غیرزنده اکوسیستم به بخش زنده آن منتقل می شوند. به عنوان مثال، گیاهان دی اکسید کربن را از هوا، آب و مواد معدنی را از خاک جذب کرده و از آنها برای تولید هیدرات کربن، چربی و پروتئین استفاده می کنند. مصرف کنندگان گیاهان را خورده و ترکیباتی آلی که توسط گیاهان ساخته شده را مصرف می کنند. این عناصر از مصرف کنندگان نیز عبور می کنند و به بخش غیرزنده اکوسیستم بازگشت می نمایند. بنابراین، یکی از اعمال مهم اکوسیستم به جریان انداختن و چرخه مواد است. زندگی در روی زمین به اندازه ای که به جریان و انتشار انرژی وابسته است به امکان دسترسی به مواد، به شکل و اندازه مناسب نیز ارتباط پیدا می کند. در طبیعت محدودیت عناصر وجود داشته و از طرفی، موجودات زنده برای ساختن پروتوپلاست بدن شان نیاز به عناصر دارند و بنابراین بایستی برای تداوم حیات این عناصر همواره به چرخه خود ادامه دهند.

جریان انرژی یک روند یک طرفه دارد. یعنی انرژی از منبع خارجی (خورشید) وارد اکوسیستم شده و به صورت های مختلف از آن خارج و یا به صورت گرما مجدداً در فضا پراکنده می شود؛ اما جریان عناصر در زمین تقریباً به صورت یک سیستم بسته است و برخلاف انرژی عملاً هیچ گونه منبع شناخته شده ای از عناصر در خارج از کره زمین وجود ندارد و عناصر در طی چرخه هایی که به نام چرخه های زیست زمینی شیمیایی^۱ نامیده



شکل ۷-۱ یک مدل ساده چرخه بیوژئوشیمیایی و اجزای آن.

می‌شوند دور می‌زنند. در این چرخه‌ها چون عناصر به صورت ترکیبات شیمیایی (chemical) هم از زیست (bio) و هم از زمین (geo) می‌گذرند به چرخش آنها چرخه‌های بیوژئوشیمیایی یا زیست-زمین-شیمیایی گفته می‌شود (شکل ۷-۱).

چرخه‌های مواد

برای شناخت چرخه‌های زیست زمین شیمیایی لازم است که نکات زیر ابتدا مورد بررسی قرار گیرند:

۱. مقدار عنصر موردنظر در هر مخزن شناخته شده باشد.
۲. میزان و آهنگ انتقال (سرعت انتقال) عنصر موردنظر بین مخازن مختلف شناخته شود. میزان جریان^۱ عبارت است از مقدار و کمیت یک عنصر که در واحد زمان و در واحد سطح از یک ذخیره (مخزن) به مخزن دیگر آن عنصر منتقل می‌گردد.
۳. نسبت انتقال^۲ یعنی در واحد زمان چند درصد عنصر از مخزن A به مخزن B منتقل می‌شود. به عبارت دیگر، میزان جریان در ارتباط با ذخیره‌های موجود در هر کدام از مخازن بایستی مورد مطالعه قرار گیرد.

$$\text{نسبت انتقال} = \frac{\text{میزان جریان}}{\text{ذخیره}}$$

۴. زمان انتقال^۳ یعنی مدت زمان جابه‌جایی عنصر در هر مخزن. در اینجا منظور زمانی است که برای انتقال تمام ذخیره از یک بخش به بخش دیگر لازم است. بنابراین، زمان انتقال در واقع عکس نسبت انتقال است.

$$\text{زمان انتقال} = \frac{\text{ذخیره}}{\text{میزان جریان}}$$

مثلاً فرض کنیم که در مخزن A از عنصر کربن ۲۰۰۰ واحد وجود دارد. چه مقدار از این دوهزار واحد در واحد زمان خارج می‌شود و چه مقدار به مخزن B وارد می‌شود چنانچه ۱۰۰ واحد در سال جابه‌جا شود؛ برای جابه‌جایی کل عنصر ۲۰ سال زمان لازم خواهد بود.

1. Flux rate
2. Turnover rate
3. Turnover time

چرخه‌های زیست-زمین-شیمیایی طبق تعریف کورموندی^۱ (۱۹۷۶) سه نوع می‌باشند:

۱. چرخه آب یا چرخه هیدرولوژی^۲: که دربرگیرنده گردش آب است.
 ۲. چرخه‌های گازی^۳: جو زمین مهمترین منبع ذخیره عناصر شرکت کننده در این چرخه‌هاست. بنابراین، منبع آنها در کره جو یا کره آب (اقیانوس‌ها) است. از جمله عناصری که چرخه گازی دارند می‌توان کربن، اکسیژن و نیتروژن را نام برد.
 ۳. چرخه‌های رسوبی^۴: در این چرخه‌ها، لیتوسفر یا لایه جامد زمین عمده‌ترین منبع ذخیره‌شان است. چرخه‌های رسوبی نسبت به چرخه‌های گازی کاملتر بوده و عناصر کندتر حرکت می‌کنند. از جمله عناصر دارای چرخه رسوبی، فسفر، منیزیم و گوگرد هستند.
- برخی از چرخه‌ها مثل چرخه‌های کربن، نیتروژن و اکسیژن ممکن است سرعت خود را با تغییرات اطراف تطبیق دهند. این موضوع عمدتاً به دلیل وجود منبع بزرگی از ماده مزبور در آتمسفر می‌باشد. به عنوان مثال، دیده شده است که چنانچه تراکم محلی گاز کربنیک از طریق احتراق یا اکسیدشدن افزایش یابد، این افزایش تراکم به طریقی مانند افزایش میزان فتوسنتز و یا افزایش تشکیل کربنات دریاها، کاهش یافته است. بنابراین، چرخه‌های گازی را می‌توان در مقیاس کره زمین "کامل" دانست زیرا بازخورد منفی طبیعی بر آنها مستولی است. با این وجود، انسان تدریجاً به این واقعیت پی می‌برد که تغییرات محلی عناصر نیز ممکن است باعث صدمه به کره زمین شود. چرخه‌های رسوبی ممکن است تغییرات محلی ایجاد نمایند. زیرا قسمت اصلی مواد آنها به صورتی نسبتاً کم فعالیت و بی حرکت در پوسته زمین ذخیره می‌شود. برطبق نظر هاجین سن، انسان در این رابطه موجودی منحصربه‌فرد است. زیرا نه تنها از حدود ۴۰ عنصر اصلی مصرف می‌کند، بلکه تقریباً تمامی عناصر باقیمانده و نیز عناصر مصنوعی جدید را در خدمت به خود به کار می‌گیرد. علاوه بر این، سرعت حرکت بسیاری از مواد را طوری تغییر داده که چرخه آنها به سوی ناقص شدن پیش می‌رود و با فرایندهای غیرچرخه‌ای^۵ مطابق می‌شوند. در نتیجه انسان بر اثر تجمع زیاد عنصر در یک جا و کمبود آن در جای دیگر دچار مشکل شده است. هدف حفظ منابع طبیعی در معنای وسیع آن است که فرایندهای غیرچرخه‌ای را به صورت چرخه‌ای درآوریم.

چرخه آب یا چرخه هیدرولوژی

آب عامل مهمی در انتقال انرژی و استفاده مؤثر از آن می‌باشد. یک گرم یخ برای ذوب شدن نیاز به ۸۰ کالری انرژی دارد. برای گرم شدن یک گرم آب به مقدار 1°C یک کالری گرما لازم است و برای تبخیر یک گرم آب، ۵۳۶ کالری گرما مورد نیاز است. مقادیر قابل توجهی، تقریباً ۵۰ برابر این مقدار انرژی برای بالا بردن یک گرم آب تا ارتفاع ۵ کیلومتری مورد نیاز خواهد بود. انرژی مصرف شده در تبخیر آب، در بخار آب ذخیره و هنگام تبدیل بخار به مایع به شکل حرارت به محیط پس داده می‌شود.

1. Kormondy
2. Hydrological cycle
3. Gaseous

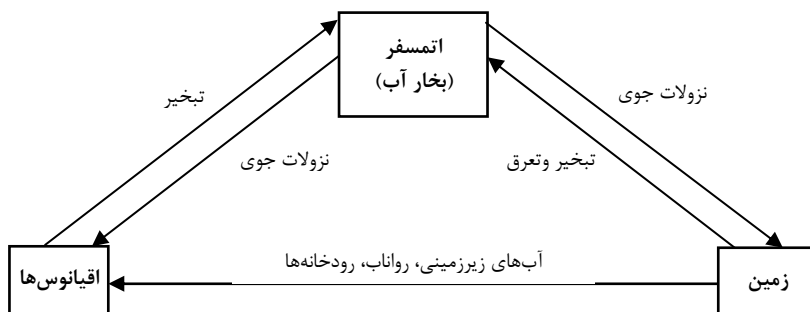
4. Sedimentary
5. Acyclic processes

جدول ۷-۲ توزیع آب در نقاط مختلف کره زمین.

نقاط مختلف کره زمین	میزان گسترش آب
دریاها و اقیانوس‌ها	۹۷٫۲٪
یخچال‌ها و کوههای یخی	۲٫۱۵٪
آب‌های زیرزمینی	۰٫۶۲٪
دریاچه‌ها	۰٫۰۱۷٪
جو زمین	۰٫۰۰۱٪
رودخانه‌ها	۰٫۰۰۰۱٪
موجودات زنده	۰٫۰۰۰۱٪

فضانوردانی که کره زمین را از فضای خارج از جو مشاهده کرده‌اند، آن‌را سیاره‌ای آبی‌رنگ توصیف کرده‌اند. آبی‌رنگ بودن زمین غیرعادی نیست زیرا ۷۵٪ سطح کره زمین را اقیانوس‌ها، که ۹۷٫۲٪ کل منابع آبی کره زمین را تشکیل می‌دهند، پوشانیده‌اند. جدول ۷-۲ گسترش آب را در نقاط مختلف کره زمین نشان می‌دهد.

آب نقش قابل توجهی در انتشار عناصر در کره زمین دارد و چنانچه چرخه آب وجود نداشته باشد چرخش سایر مواد نیز متوقف می‌شود و به همین دلیل است که چرخه آب به عنوان چرخه مادر تلقی می‌گردد. چرخه کلی آب به صورت تبخیر و تعرق به سمت آتمسفر و ریزش به صورت نزولات است و مسیر اصلی آب بین اقیانوس‌ها، زمین و آتمسفر است (شکل ۷-۲). آب از زمین و اقیانوس‌ها تبخیر می‌شود و پس از اینکه به ارتفاعات خاصی رسید سرد شده به صورت نزولات جوی به طرف کره زمین برمی‌گردد. مقداری از این نزولات قبل از آنکه به سطح زمین برسند در آتمسفر تبخیر شده که اصطلاحاً به این مقدار تبخیر، تبخیر آبی گفته می‌شود.



شکل ۷-۲ اجزای اصلی چرخه هیدرولوژی.

جدول ۷-۳ طول مدت باقی ماندن مولکول‌های آب در چرخه هیدرولوژی.

محل	متوسط مدت باقی ماندن مولکول‌های آب
جو زمین	۹ روز
رودخانه ها	۲ هفته
خاک	۲ هفته تا یک سال
دریاچه‌های بزرگ	۱۰ سال
آب‌های زیرزمینی کم عمق	دهها تا صدها سال
اقیانوس‌ها	۱۲۰ تا ۳۰۰۰ سال
آب‌های زیرزمینی عمیق	۱۰۰۰۰ سال
کوه‌های یخی (یخچال‌ها)	۱۰۰۰۰ سال

از نزولاتی که به سطح زمین می‌رسند مقداری از سطح زمین تبخیر شده و مقداری جاری و قدری در خاک نفوذ می‌کند. از آنچه که در خاک نفوذ می‌کند مقداری توسط گیاهان جذب شده و قسمت عمده این بخش توسط تبخیر و تعرق گیاهان به آتمسفر برمی‌گردد. بخش دیگری از آب‌های نفوذ کرده در زمین به آب‌های عمقی می‌پیوندند که سفره‌های آب‌های زیرزمینی را تشکیل می‌دهند و سرانجام به صورت چشمه و یا چاه‌های عمیق به سطح زمین باز می‌گردند (شکل ۷-۳).

میزان تبخیر از اقیانوس‌ها بیشتر از میزان بارش در آنهاست و در مورد خشکی برعکس. از آنجایی که تفکیک تبخیر از تعرق از سطح خشکی‌ها مشکل است به آنها توأماً تبخیر و تعرق گفته می‌شود (شکل ۷-۴). مدتی که هر مولکول آب در مرحله به خصوص از چرخه هیدرولوژی باقی می‌ماند از نظر زیست‌شناسان و متخصصین محیط زیست حائز اهمیت است. این مدت بین ۹ روز تا ۱۰۰۰۰ سال بسته به موقعیت و شکل فیزیکی آب متغیر است (جدول ۷-۳).

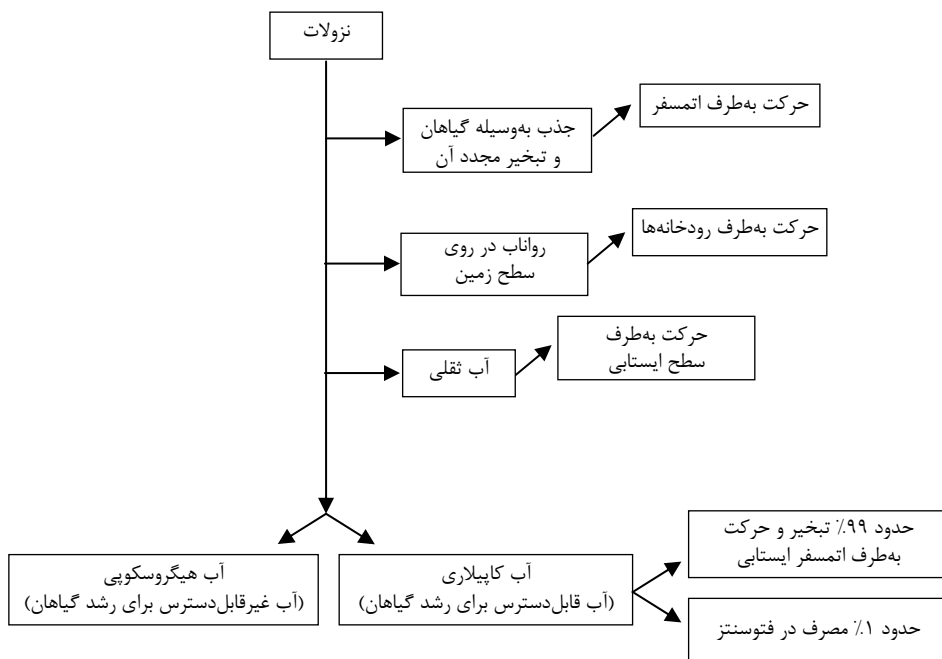
چرخه‌های گازی

۱. چرخه کربن

اهمیت اساسی چرخه کربن در طبیعت از این نظر است که کربن نقش اساسی را به عنوان حامل و ناقل انرژی در کره زمین ایفا می‌کند. ترکیبات کربن به صورت احیا شده ناقل مقداری انرژی هستند. اما وقتی اکسید می‌شوند انرژی خود را آزاد می‌کنند. تولیدکنندگان اکوسیستم در مقابل نور خورشید، دی‌اکسید کربن را از هوا گرفته و پس از احیای دی‌اکسید کربن، مواد آلی را سنتز می‌کنند و مصرف کنندگان، مواد آلی را پس از اکسیداسیون و کسب انرژی به صورت دی‌اکسید کربن به محیط پس می‌دهند (شکل ۷-۵).

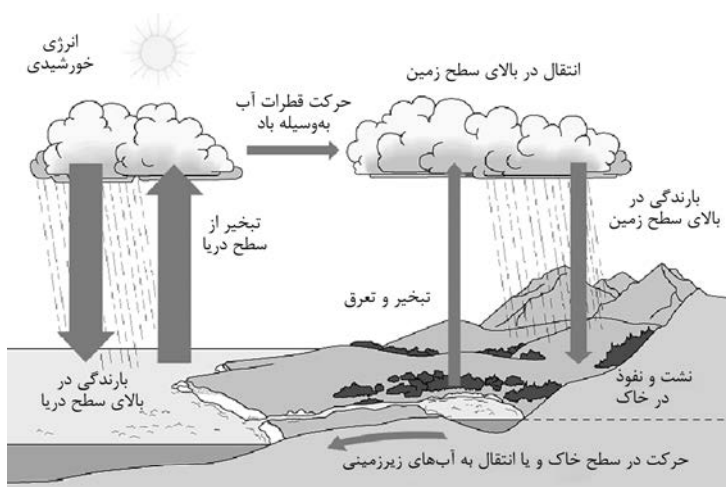
مخازن کربن

مخازن کربن عبارت‌اند از:

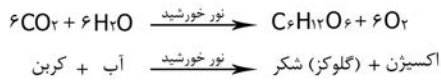
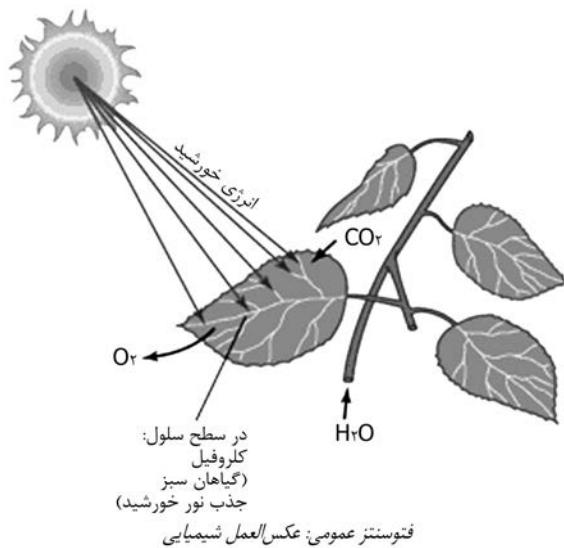


شکل ۳-۷ مسیرهای انتقال نظولات جوی در اراضی دارای پوشش گیاهی.

۱. کربن معدنی محلول در آب‌های آزاد: میزان این کربن حدود $10^{15} \times 35000$ گرم (۳۵۰۰۰ میلیاردتن) تخمین زده شده است و فعالترین قسمت کربن زمین را تشکیل می‌دهد. آب اقیانوس‌ها و جو زمین همیشه

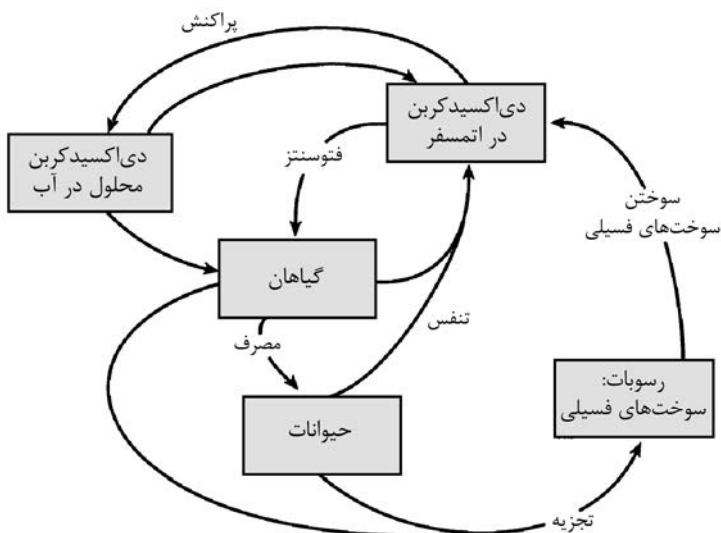


شکل ۴-۷ تبخیر و تعرق.



شکل ۷-۵ چرخه ی کربن.

- در حال تبادل دی اکسید کربن هستند. به طور کلی، تخمین زده می شود که آب های آزاد هر سال $10^{15} \times 100$ گرم کربن از جو گرفته و $10^{15} \times 97$ گرم کربن به جو پس می دهند (شکل ۷-۵).
۲. ذخیره آتمسفر: میزان کربن در آتمسفر در حدود 360 قسمت در میلیون قسمت (PPM) است. کربن جو را حدود $10^{15} \times 700$ گرم (یا 0.3% حجمی) تخمین می زنند.
۳. ذخیره خاک: مقدار ذخیره کربن خاک حدود $10^{15} \times 1050$ تا $10^{15} \times 3000$ گرم می باشد.
۴. فسیل ها (نفت و ذغال سنگ): حدود $10^{15} \times 10000$ گرم کربن در فسیل ها ذخیره می شود. کربنی که به صورت ذغال، گاز، نفت، سنگ های آهکی و آب سنگ های مرجانی در پوسته زمین آمیخته می شود هزاران هزار سال خارج از چرخه باقی می ماند. مقداری از دی اکسید کربن موجود در سنگ های آهکی در اثر فرسایش رها می شود و در حال حاضر هم فرایند صنعتی شدن، بخش عظیمی از کربن موجود در سنگواره ها (فسیل ها) را آزاد می سازد.
۵. رسوبات آب های آزاد (دریاها و اقیانوس ها): حدود $10^{15} \times 20000000$ گرم کربن در این مخزن ذخیره می شود.
۶. کربن آلی در آب دریاها (به صورت لاشه ها و پس مانده های موجودات زنده) حدود $10^{15} \times 1000$ گرم می باشد.
۷. موجودات زنده کره زمین، حدود $10^{15} \times 450$ گرم کربن دارند.



شکل ۶-۷ چرخه‌ی کربن.

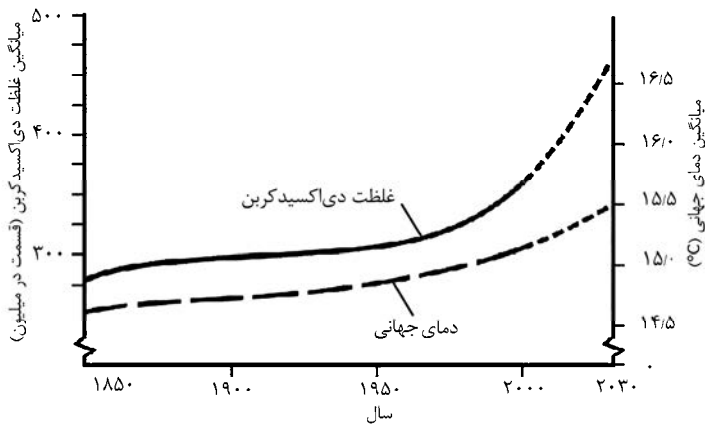
میزان کربن مؤثر (کربن معدنی محلول در آب‌های آزاد و کربن موجود در جو) برابر با ۷۰۰×۱۰^{۱۵} بوده و مصرف کربن سالانه گیاهان حدود ۸۵×۱۰^{۱۵} گرم می‌باشد؛ بنابراین زمان جابه‌جایی برابر می‌شود با:

$$\frac{(۷۰۰ \times ۱۰^{۱۵}) + (۳۵۰۰۰ \times ۱۰^{۱۵})}{۸۵ \times ۱۰^{۱۵}} = \text{سال } ۴۲۰$$

یعنی هر ۴۲۰ سال یک‌بار کربن موجود در این مخازن یک چرخه کامل انجام می‌دهد. چرخه کربن در شکل ۶-۷ نشان داده شده است.

تغییرات میزان دی‌اکسید کربن اتمسفر

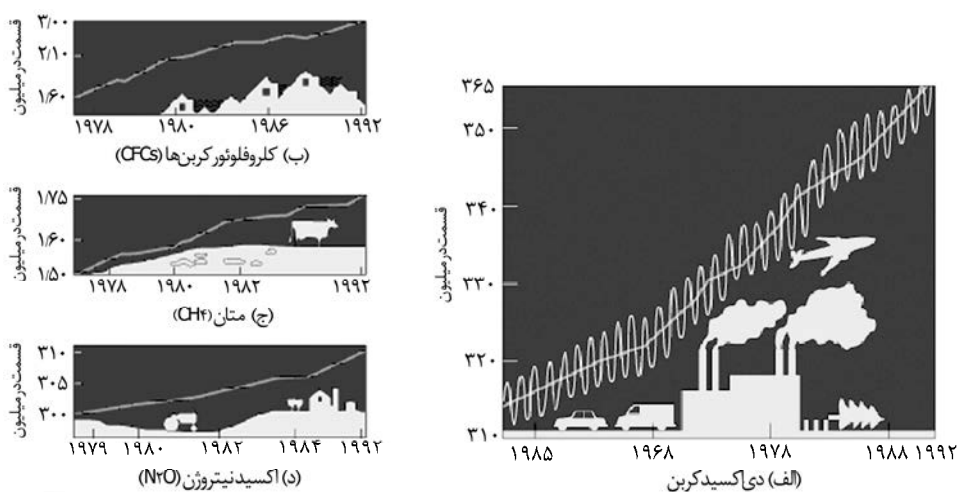
پدیده فتوسنتز در هنگام روز دی‌اکسید کربن را از مخزن اتمسفر به مخزن موجودات زنده منتقل می‌کند و به هنگام شب به علت قطع عمل فتوسنتز و ادامه تنفس موجودات، دی‌اکسید کربن اتمسفر حداقل در لایه نزدیک سطح زمین در ضمن شب کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، میزان دی‌اکسید کربن در قشر نزدیک سطح زمین دارای نوسانات شبانه‌روزی است. شکل ۷-۷ نشان می‌دهد که غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر در حال افزایش است. همچنین این شکل نشان می‌دهد که میزان آن در طی سال تغییر می‌کند به طوری که در سپتامبر افزایش و در ماه می به حداقل می‌رسد. این الگوی تغییرات احتمالاً به دی‌اکسید کربن مصرف‌شده در طی فتوسنتز مربوط می‌شود که در طی تابستان میزان دی‌اکسید کربن مصرفی توسط گیاهان بیش از میزان تولید دی‌اکسید کربن ناشی از تنفس حیوانات، تجزیه‌کنندگان و گیاهان می‌باشد.



شکل ۷-۷ روند افزایش میزان دی اکسید کربن آتمسفر و متوسط دمای جهانی.

به دلیل افزایش فعالیت‌های صنعتی انسان مقدار دی اکسید کربن آتمسفر به تدریج افزایش یافته است. به طوری که از حدود نیمه قرن نوزدهم مقدار دی اکسید کربنی که به وجود آمده در حدود ۲۵٪ افزایش یافته است که عامل این افزایش فعالیت‌های انسان و به ویژه سوزاندن نفت و ذغال سنگ (سوخت‌های فسیلی) و نابودی جنگل‌ها بوده است. به طوری که در نتیجه آن مقدار دی اکسید کربن آتمسفر به قدری افزایش یافته که مکانیسم‌های جبرانی جهت کاهش دی اکسید کربن (یعنی انحلال در آب اقیانوس‌ها و افزایش سرعت فتوسنتز) نتوانسته‌اند این افزایش را جبران کنند. بنابراین، میزان دی اکسید کربن جو روبه افزایش است. برخی معتقدند که در عرض یک قرن گذشته تقریباً دویست میلیارد تن کربن از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی وارد آتمسفر شده که حدود دوسوم این مقدار جذب آب دریاها شده و طبعاً مقدار زیادی از آن به صورت رسوبات کربناته درآمده‌اند. به همین لحاظ، سرعت رسوب گذاری دریا افزایش پیدا کرده است و یک سوم بقیه که بیش از حدود هفتاد میلیارد تن می‌باشد به موجودی آتمسفر افزوده گردیده است. این مقدار تقریباً معادل یک دهم کل ذخیره کربن در آتمسفر می‌باشد. در نتیجه میزان دی اکسید کربن آتمسفر که در آغاز قرن بیستم حدود ۲۹۰ پی پی ام بوده، اینک به بیش از ۳۶۰ پی پی ام رسیده است.

ای. پی. اُدوم در سال ۱۹۷۱ میزان تولید سالانه دی اکسید کربن را حدود هشت میلیارد تن تخمین زده است و عقیده داشته که سه چهارم این هشت میلیارد تن از فعالیت‌های صنعتی و یک چهارم بقیه از مصرف سوخت در ماشین‌های کشاورزی حاصل شده است. طبق تحقیقات دیگری تخمین زده شده است که حدود صد میلیارد تن کربن سالانه از طریق فتوسنتز گیاهان از آتمسفر گرفته می‌شود که پنجاه میلیارد تن از طریق تنفس گیاهان به آتمسفر پس داده می‌شود و پنجاه میلیارد تن از طریق تنفس خاک (به هم زدن خاک، موجودات خاکری و غیره) به آتمسفر برگردانیده می‌شود. سالانه حدود پنج میلیارد تن از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی به ذخیره دی اکسید کربن جو افزوده می‌شود و حدود دو میلیارد تن از طریق جنگل زدایی به



شکل ۷-۸ روند افزایش مهمترین گازهای گلخانه‌ای.

دی‌اکسید کربن آتمسفر اضافه می‌شود. حدود ۱۰۰ میلیارد تن از طریق فرایندهای فیزیکی و شیمیایی سطح دریا به ذخیره آتمسفر اضافه می‌گردد و برعکس ۱۰۴ میلیارد تن در آب‌های دریا حل می‌شود. بنابراین، طبق این تحقیق سالانه حدود سه میلیارد تن به دی‌اکسید کربن آتمسفر افزوده می‌شود.

اثرات افزایش میزان دی‌اکسید کربن آتمسفر

شیشه در برابر انرژی با طول موج‌های مرئی که از خورشید می‌رسد شفاف است؛ یعنی اجازه عبور این امواج را می‌دهد اما شیشه انرژی با طول موج‌های بلند مانند مادون قرمز، که از سطح خاک منعکس می‌شوند را اجازه عبور نمی‌دهد. این امواج با طول موج بلند دارای گرما بوده در نتیجه شیشه بدین طریق باعث افزایش دمای محیط می‌گردد که به این ویژگی، اثر گلخانه‌ای^۱ گفته می‌شود. دلیل اینکه در داخل گلخانه‌ها هوا گرم‌تر است نیز عمدتاً مربوط به همین اثر گلخانه‌ای می‌شود. دی‌اکسید کربن یکی از گازهای اصلی است که همانند شیشه خاصیت گلخانه‌ای دارد. گازهای دیگری نیز مثل متان، دی‌نیتروژن اکسید (N_2O)، و کلروفلوئورکربن نیز خاصیت گلخانه‌ای دارند. روند افزایش گازهای گلخانه‌ای در شکل ۷-۸ نمایش داده شده است.

دانشمندان معتقدند که با افزایش میزان دی‌اکسید کربن دمای محیط نیز افزایش می‌یابد (شکل ۷-۷). از جمله جیمز هانسن^۲ از پژوهشگران مؤسسه مطالعات فضایی گدارد وابسته به اداره ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (ناسا) و همکارانش ارقام ثبت‌شده مربوط به دما را از سال ۱۸۶۰ به بعد تحلیل کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که از آن سال تاکنون میانگین دمای جهان از ۰/۵ تا ۰/۷°C افزایش یافته است. بالاترین این افزایش در دهه گذشته روی داده است.

توماس ویکلی^۱ و همکارانش نیز، که مستقلاً در دانشگاه انگلای خاوری در انگلستان به کار و پژوهش مشغول‌اند، افزایش میانگین دمای جهان را هشدار داده‌اند. بنا بر نظر آرتور لاپنبروک و وان مارشال^۲، از اعضای مؤسسه بررسی‌های زمین‌شناسی ایالات متحده، عقب‌نشینی یخ‌های دائمی آلاسکا و شمال کانادا در دهه‌های اخیر افزایش یافته است. میانگین دمای دریاچه‌های کانادا رو به فزونی نهاده است. حداکثر وسعت سالانه یخ دریای پیرامون قاره جنوبگان و دریا‌های جنوبگان ظاهراً کاستی گرفته است و یخچال‌های طبیعی داخل قاره اروپا و جاهای دیگر پس رفته‌اند. بنابراین، تغییر اقلیم اتفاق افتاده و در مدت‌های طولانی اثرات قابل توجه بیشتری بر جای خواهد گذاشت. تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از بزرگترین چالش‌های زیست‌محیطی فراروی جهان امروز می‌باشد به‌طوری‌که گرم‌ترین سال‌های ثبت‌شده در تاریخ داده‌های هواشناسی در پنج سال اخیر بوده است.

با بررسی تغییرات اقلیمی گذشته می‌توان به مطالب زیادی درباره تغییرات آینده پی برد. تا ۱۵ هزار سال قبل، یخچال‌ها قسمت اعظم امریکای شمالی و اروپای شمالی را می‌پوشاند. یکی از مهمترین پیشرفت‌ها در سال‌های اخیر، کسب توانایی برای تعیین ترکیب جو زمان‌های گذشته از روی نمونه‌های هوای کمی است که در میان یخچال‌ها محبوس شده است.

گرم‌شدن هوا، که اینک به‌سرعت در جریان است، ممکن است تا آینده‌ای نامحدود ادامه یابد، مگر آنکه برای کندکردن یا توقف آن گام‌های سنجیده‌ای برداشته شود، گام‌های بزرگ و ظاهراً دشوار مثل ۵۰٪ کاهش در مصرف سوخت‌های فسیلی، توقف روند جنگل‌زدایی و برنامه‌ای گسترده برای باز کاشت جنگل‌ها.

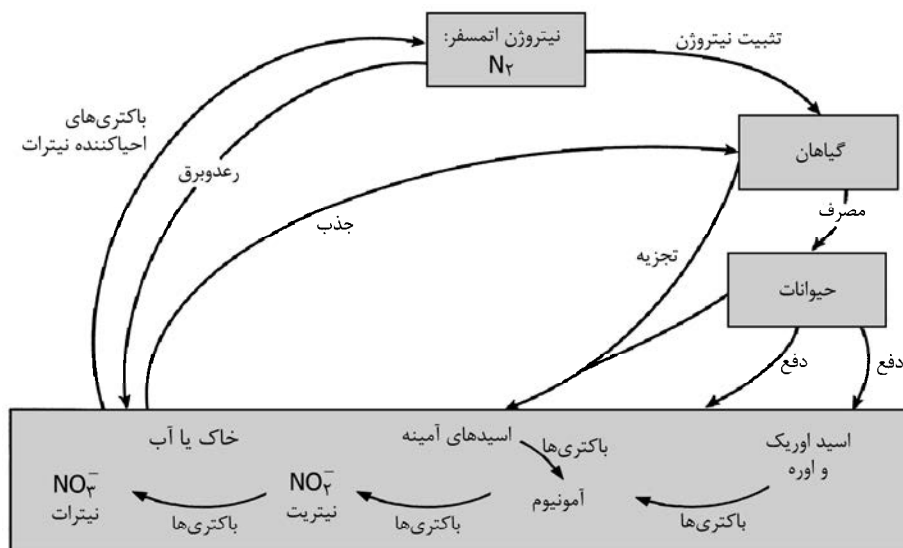
۲. چرخه نیتروژن

نیتروژن (N_2) با غلظت حدود ۷۹٪، فراوانترین عنصر موجود در آتمسفر کره زمین است. گیاهان نیتروژن را برای تولید پروتئین و بسیاری ترکیبات دیگر مورد استفاده قرار می‌دهند. اما نیتروژن به‌صورتی که در آتمسفر است مستقیماً قابل استفاده و دسترس گیاهان نیست بلکه ابتدا به‌صورت ترکیباتی مانند آمونیاک و نترات درآمده و سپس موجودات زنده از آن استفاده می‌کنند. بنابراین، نیتروژن موجود در آتمسفر ابتدا باید تثبیت شود. تثبیت نیتروژن به‌طرق مختلفی انجام می‌شود که عبارت‌اند از:

۱. تثبیت بیولوژیکی، که در آن یک‌سری موجودات زنده اعم از هوازی و غیرهوازی و نیز همزیست و غیرهمزیست نیتروژن هوا را تثبیت می‌کنند. به‌طور متوسط، مقدار نیتروژنی که بدین طریق تثبیت می‌شود سالیانه یک گرم در مترمربع است و در بعضی از اکوسیستم‌ها تا ۲۰ گرم سالیانه تثبیت می‌گردد. مقدار نیتروژنی که در هر هکتار خاک زیر کشت گیاهان خانواده نخود تثبیت می‌شود حدود ۵۵ تا ۱۴۰ کیلوگرم در سال است که با در نظر گرفتن حدود ۲۵۰ میلیون هکتار سطح زیر کشت این گیاهان در سطح جهانی، سالیانه حدود ۱۴ تا ۳۵ میلیون تن نیتروژن از طریق بیولوژیکی تثبیت می‌گردد.

1. Thomas M.L. Wigley

2. Arthur H. Lachenbruch & Vaughn Marshall



شکل ۹-۷ چرخه نیتروژن.

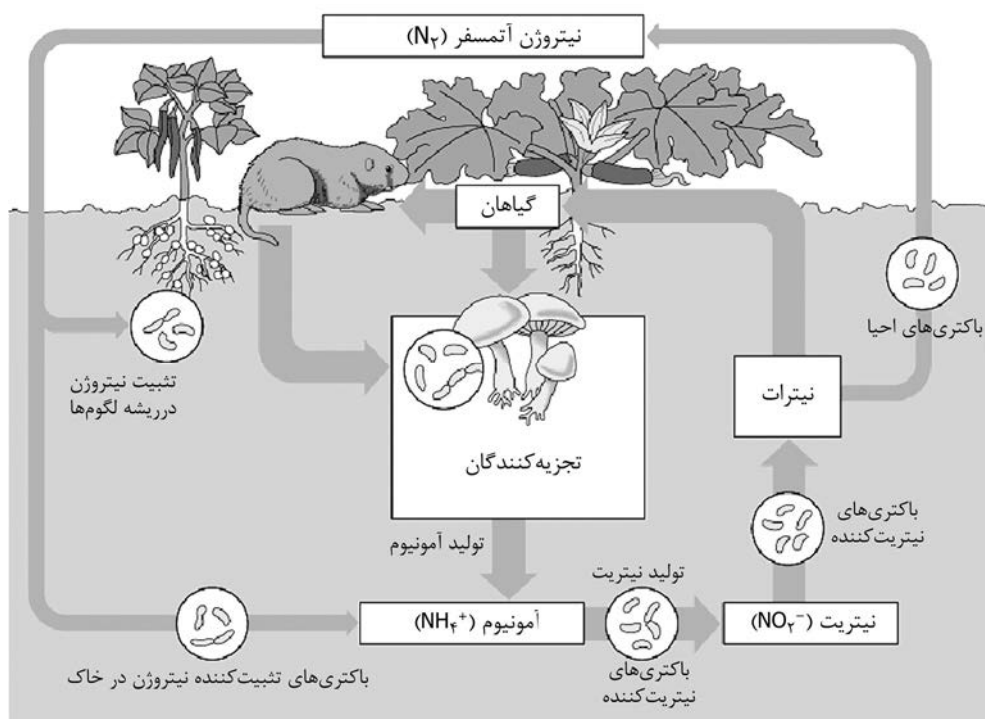
۲. رعدوبرق: در اثر رعدوبرق نیتروژن با اکسیژن به صورت اکسیدهای نیتروژن درمی آید و در بخار آب موجود در آتمسفر حل و طی باران به زمین می آید.

۳. تثبیت نیتروژن توسط انسان که طی فعالیت‌های صنعتی انجام می گیرد.

اجزای اصلی چرخه نیتروژن در بیوسفر در شکل‌های ۹-۷ و ۱۰-۷ نشان داده شده است. نیتروژن موجود در آتمسفر ابتدا باید به صورت ترکیباتی مثل آمونیاک درآید تا موجودات زنده بتوانند از آن استفاده کنند. سپس در بدن موجودات زنده به صورت پروتئین و غیره چرخه صورت می‌پذیرد.

یکی از اثرات نامطلوب زیست‌محیطی نیتروژن در اکوسیستم‌های آبی به خصوص اکوسیستم‌های آبی محدود مثل دریاچه‌ها این است که موجب افزایش سریع رشد گیاهان آبی می‌شود. با افزایش مواد غذایی آب به خصوص فسفر و نیتروژن گیاهان آبی زیاد شده و مصرف کنندگان آنها نیز به سرعت تکثیر حاصل می‌کنند و در نتیجه، به دلیل افزایش موجودات زنده آبی اکسیژن محلول کاهش یافته و تعداد زیادی از آنها می‌میرند. بقایای آنها می‌بایستی مورد استفاده تجزیه کنندگان قرار گیرد که آن‌هم در حضور اکسیژن صورت می‌گیرد و در نتیجه، باعث رسوب گذاری دریاچه‌ها شده و دریاچه تبدیل به مرداب و باطلاق و در نهایت، به خشکی تبدیل می‌گردد.

همچنین اثر مستقیم نیتروژن یونیزه شده در آب بر ماهی‌ها و دیگر موجودات آبی را نباید نادیده گرفت. این نیتروژن اضافی همچنین به شیوه‌های مختلف می‌تواند وارد آب خوراکی شود و یا افزایش آن در خاک‌های کشاورزی و متعاقب آن جذب بیش از حد در گیاهان، بیماری‌های مختلف از جمله سرطان را در انسان ایجاد می‌کند.



شکل ۷-۱۰ چرخه نیتروژن.

اوتریفیکاسیون

به فرایندی که طی آن منابع آبی محدود مثل دریاچه‌ها در مدت زمان کوتاهی تبدیل به باطلاق و مرداب می‌شود اوتریفیکاسیون^۱ گفته می‌شود. به عبارت دیگر، آبی را مبتلا به اوتریفیکاسیون گویند که انباشتگی کودهای محلول به خصوص فسفر و نیتروژن در آن زیاد باشد و در نتیجه رنگ و طعم آن تغییر کرده، رشد گیاهان آبی در آن زیاد و از طرفی، مصرف کنندگان آنها نیز زیاد و به تدریج کمبود اکسیژن برای جانوران آن به وجود آمده و در نتیجه بسیاری موجودات از بین رفته و رسوب گذاری آب افزایش و تبدیل به باطلاق شده و در نهایت، خشک می‌شود.

اوتریفیکاسیون (پرغذایی) دریاچه‌ها و مخازن به عنوان یکی از شایعترین مسائل کیفی آب در سراسر جهان دسته‌بندی می‌شود. به رغم تلاش دولت‌ها در سطوح مختلف برای کنترل علل اوتریفیکاسیون، کیفیت آب همچنان در بسیاری از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مخازن و مناطق ساحلی در سراسر جهان رو به تحلیل می‌رود. اثرات اوتریفیکاسیون در بسیاری از نقاط دنیا منفی به حساب می‌آید. رشد بیش از حد جلبک‌ها و سایر گیاهان آبی کاملاً به چشم می‌آید و می‌تواند بر استفاده‌های گوناگون و زیبایی آب‌ها تأثیر قابل توجهی

1. Eutrophication

جدول ۴-۷ معیارهای تروفیک و واکنش آنها به اوتریفیکاسیون فزاینده.

فیزیکی	شیمیایی	زیست شناختی
کاهش شفافیت	افزایش غلظت مواد غذایی	افزایش فراوانی شکوفه جلبک
افزایش مواد جامد معلق	افزایش کلروفیل a	افزایش تنوع جلبک
	افزایش هدایت الکتریکی	افزایش بیوماس فیتوپلانکتون‌ها
	افزایش مواد جامد محلول	افزایش پوشش گیاهی کناره آب
	افزایش کمبود اکسیژن هیپولیمنتیک	افزایش جانوران آبری
	افزایش اشباع‌بودن اکسیژن اپی‌لیمنتیک	افزایش ماهیان
		افزایش جانوران عمق‌زی
		کاهش تنوع جانوران عمق‌زی
		افزایش تولید اولیه

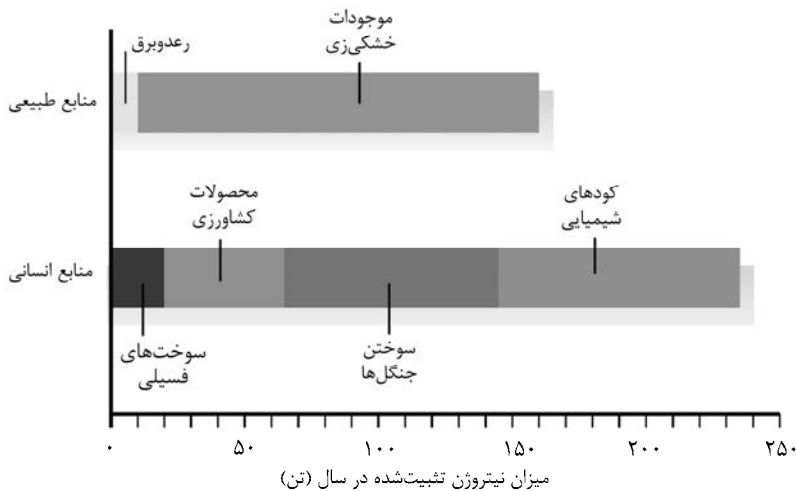
بگذار (جدول ۴-۷). یکی از پیامدهای چنین رشدی می‌تواند ایجاد طعم و بوی بد در آب آشامیدنی باشد، حتی اگر آب قبل از استفاده صاف شود، فرایند تصفیه آب‌های دچار اوتریفیکاسیون گرانتر و وقت گیرتر می‌شود و شفافیت آن ممکن است کاهش یابد. توده‌های جلبکی به موازات مرگ در قعر آب ته‌نشین می‌شوند و تجزیه آنها توسط باکتری‌ها با کاستن غلظت اکسیژن آب‌های عمقی تا جایی که برای زندگی ماهیان ناکافی است منجر به مرگ ماهیان می‌شود. به علاوه، چنین شرایطی از کمبود اکسیژن منجر به فزونی بیش‌ازحد میزان آهن و منگنز در آب می‌شود که می‌تواند مزاحم تصفیه آب آشامیدنی باشد. همچنین در رابطه با بیماری‌های انگلی مانند شistosوزومیازیس^۱، انکوسرشیازیس^۲ و مالاریا به‌ویژه در نواحی گرمسیری اثرات بالقوه منفی بهداشتی وجود دارد. استثنای اصلی بر این جنبه‌های منفی اوتریفیکاسیون، استفاده از فرایند اوتریفیکاسیون برای افزایش تولید جانوران خوراکی آبری است.

مسئله زیست‌محیطی دیگر در رابطه با نیتروژن این است که اگر نیترات به آب‌های زیرزمینی راه یابد برای انسان‌ها و دام‌ها مضر خواهد بود. نیترات در معده انسان به نیتريت تبدیل شده و اگر وارد جریان خون شود بر روی عمل هموگلوبین خون اثر کرده و فعالیت آنرا کم می‌کند و در نتیجه اکسیژن‌رسانی خون کاهش و لذا تنفس به سختی انجام می‌شود. تبدیل نیترات به نیتريت در بدن نوزادان بیشتر انجام می‌شود و برای آنها و همچنین برای مادران باردار خطرناک است. اثر عوامل مختلف بر نیتروژن در شکل ۱۱-۷ نمایش داده شده است.

همچنین استفاده مکرر از کودهای نیتروژن‌دار اثرات مخربی در کشاورزی دارد. از آن جمله می‌توان به

موارد زیر اشاره کرد:

1. Schistosomiasis
2. Onchocerciasis



شکل ۷-۱۱ میزان نیتروژن تحت تأثیر عوامل مختلف.

۱. آبشویی سریع تر عناصری مانند منگنز و پتاسیم

۲. افزایش میزان آلومینیوم خاک

۳. خسارت به ریشه گیاهان

۴. تغییر در جمعیت میکروبی خاک و غیره.

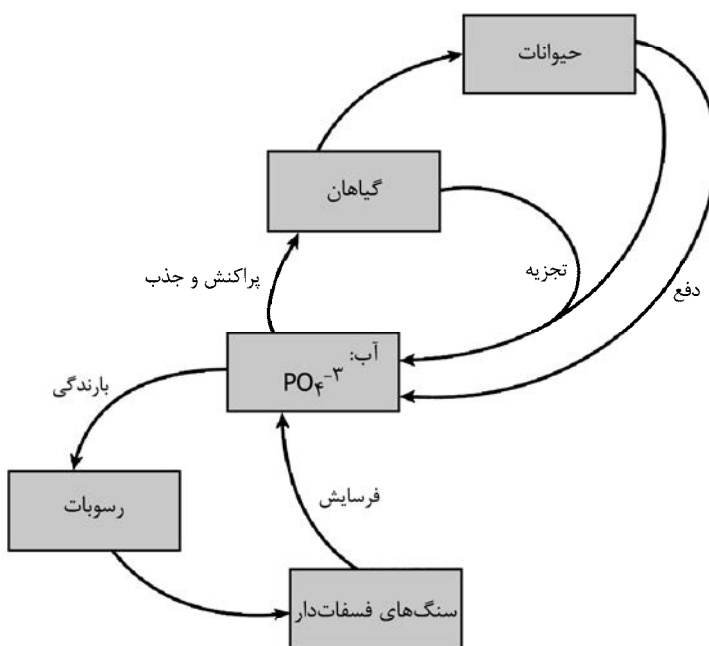
۳. چرخه اکسیژن

اکسیژن آزاد جو زمین و یا محلول در آب اقیانوس‌ها، اکسیژنی است که از نظر زیست‌شناسی حائز اهمیت است. گیاهان سبزینه‌دار اکسیژن را توسط فرایند فتوسنتز تولید می‌کنند. اکسیژن مولکولی یا آزاد (O_2) گازی است که تقریباً تمام موجودات زنده در عمل تنفس آن را مصرف می‌کنند. اکسیژن همچنین در آب، گاز کربنیک، اکسیدهای عناصر دیگر (به‌خصوص فلزات) و اکثر مواد آلی یافت می‌شود. آتمسفر علاوه بر اکسیژن مولکولی، ازن (O_3) و اتم اکسیژن (O) را نیز دارا می‌باشد.

چرخه اکسیژن به‌عنوان یک چرخه حیاتی در مقایسه با چرخه نیتروژن ساده‌تر است. موجودات زنده از اکسیژن موجود در هوا برای تنفس استفاده و آن را به‌صورت دی‌اکسید کربن به جو زمین و یا آب اقیانوس‌ها پس می‌دهند. دی‌اکسید کربن در فرایند فتوسنتز توسط گیاهان سبزینه‌دار برای ایجاد ترکیبات کربوهیدرات استفاده می‌شود و با مصرف کربوهیدرات‌ها و مواد آلی، اکسیژن مجدداً آزاد می‌گردد.

چرخه‌های رسوبی

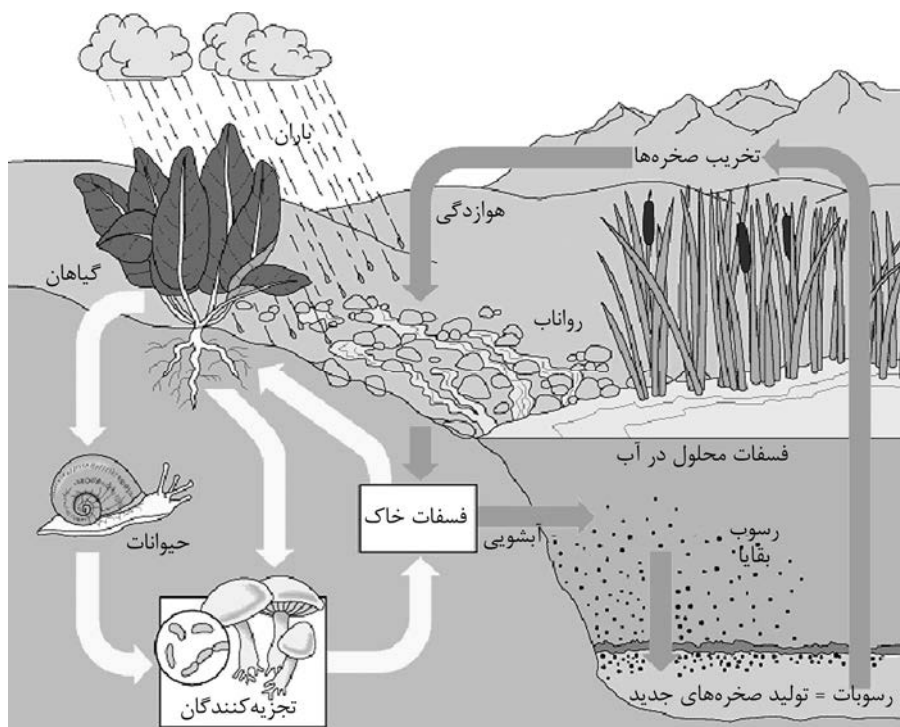
از چرخه‌های رسوبی برای نمونه چرخه‌های فسفر، گوگرد و مواد رادیواکتیو توضیح داده می‌شوند.



شکل ۷-۱۲ چرخه فسفر.

چرخه فسفر

فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز موجودات زنده است. فسفر یکی از عناصر سازنده پروتئین‌هاست. فسفر جزئی از مولکول‌های DNA و RNA (که رهبری سلول‌ها را به عهده دارند) و ATP (مولکول‌های ناقل انرژی سلولی) می‌باشد که این مواد برای حیات سلول بسیار اساسی هستند. فسفر نقش‌های متفاوت دیگری نیز در موجودات زنده به عهده دارد و کمبود آن می‌تواند عامل محدود کننده‌ای برای موجودات زنده باشد. گیاهان حاوی تنها حدود ۳٪ فسفر هستند. اما محلول خاک که گیاهان فسفر را از آن جذب می‌کنند دارای حدود ۰/۰۰۰۰۰۰۳٪ فسفر است. مخازن ذخیره فسفر در طبیعت سنگ‌های رسوبی و آذرین و نیز استخوان‌های سنگواره‌ای و فضولات پرندگان دریایی هستند. فسفر ممکن است در بعضی از بخش‌ها دهها و یا حتی صدها سال در حالت رکود باقی بماند. دخالت انسان حرکت فسفر را به طرف محل رکود سرعت می‌بخشد (سرعتی بیش از جدا شدن مواد جدید از سنگ‌های تحتانی و وارد شدن آنها در جریان چرخه). منبع اصلی فسفر سنگ‌های رسوبی می‌باشد و اصولاً در آتمسفر فسفر وجود ندارد. بنابراین، برای اینکه این عنصر غذایی قابل استفاده موجودات زنده باشد بایستی این سنگ‌ها هوا دیده شوند. گیاهان یون‌های فسفات محلول را از طریق ریشه جذب کرده و از آنها در ساخت بافت‌های زنده استفاده می‌کنند. با مصرف گیاهان توسط علفخواران تجزیه مواد در زنجیره ریزه‌خواری انجام و فسفر از زنجیره‌های غذایی عبور می‌نماید. فسفر

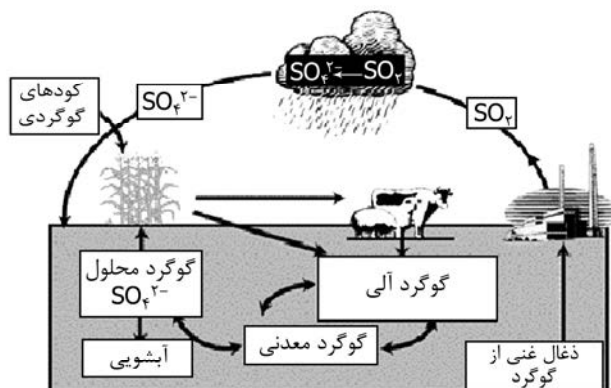


شکل ۱۳-۷ چرخه فسفر.

موجود در غذا توسط حیوانات دفع شده و رسوبات عظیم غنی از فسفر را به وجود می‌آورد. مولکول‌های آلی حاوی فسفات که وارد زنجیره ریزه‌خواری شده تجزیه گردیده و فسفر به صورت یون‌های غیرآلی آزاد می‌گردد. این یون‌های آزاد شده ممکن است توسط گیاهان مصرف شده یا در رسوبات مدفون شود. بعضی از ترکیبات فسفات که زیاد در آب قابل حل نبوده به وسیله گیاهان قابل جذب نیستند. به علاوه، فسفات‌های آزاد در خاک نیز ممکن است با دیگر مواد شیمیایی خاک واکنش انجام داده و به صورت ترکیبات غیرمحلول درآیند. بدین ترتیب، این ترکیبات فسفره برای گیاهان غیرقابل استفاده خواهند بود. مقدار فسفر وارد شده در این فرایندها به عوامل متعددی مثل اسیدیته خاک و ترکیبات معدنی خاک بستگی دارد. به طور کلی، چرخه فسفر، چرخه ناقصی است که تنها بخشی از آن مجدداً در فاز آلی یا زنده وارد می‌گردد.

چرخه گوگرد

گوگرد در ساختمان پروتئین‌ها نقش قابل توجهی دارد و در ساختمان سلول به عنوان جزء اصلی بعضی از اسیدهای آمینه (مثل متیونین) قرار می‌گیرد. ترکیب گازی شکل آن برای موجودات زنده زیان‌آور است.



شکل ۱۴-۷ چرخه گوگرد.

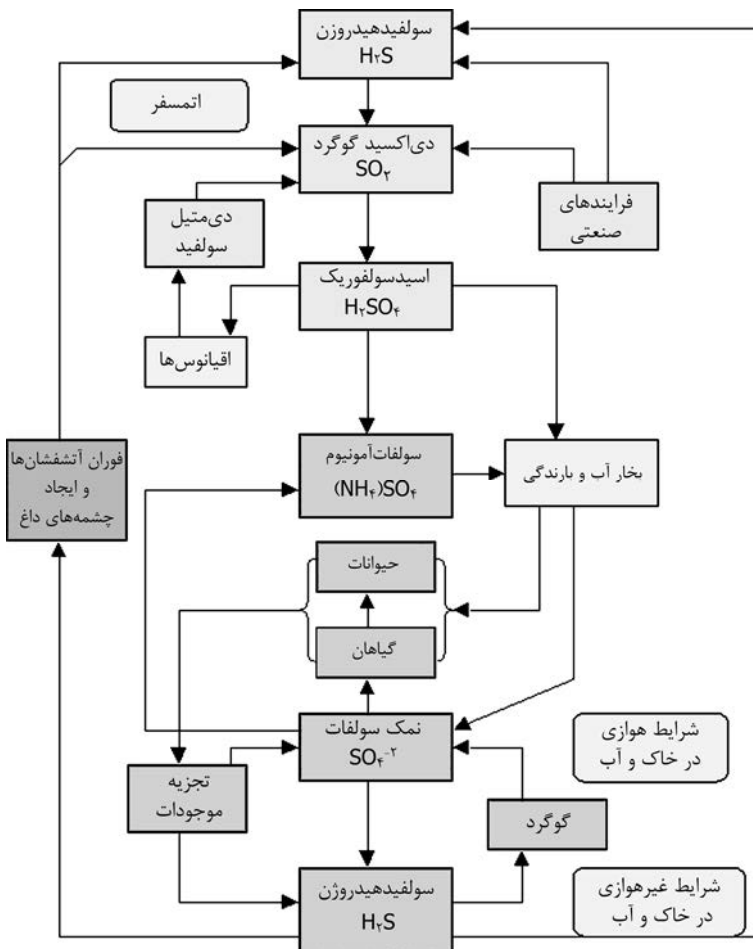
ترکیبات آن بر میزان اسیدیته باران، آب‌های سطحی و خاک اثر می‌گذارد و احتمالاً در مدت طولانی نیز بر تراکم مولکولی اکسیژن در آتمسفر مؤثر است.

اگرچه چرخه گوگرد از نظر کمیت هنوز به‌خوبی چرخه‌های عناصر دیگر شناخته نشده است، ولی می‌توان گفت که از نظر شیمیایی پیچیده است و در عین حال اهمیت خاصی در بیوسفر دارد. مهمترین دلیل پیچیدگی چرخه گوگرد، امکان ترکیب شدن و اکسید شدن گوگرد به اشکال مختلف می‌باشد. گوگرد به کمک باکتری‌ها تغییر شکل‌های متعددی می‌دهد. عواملی مانند وجود و یا عدم وجود اکسیژن و نور و اسیدی یا قلیایی بودن محیط نیز در تشکیل ترکیبات گوگرد مؤثرند. گوگرد در طبیعت به صورت‌های مختلفی وجود دارد که عبارت است از: سولفیت هیدروژن (H_2S)، یون هیدروسولفیت (SH)، یون سولفیت (S)، یون دی‌سولفیت (S_2^{2-})، گوگرد مولکولی (S_8 ، S_4 ، S_2)، انیدرید سولفور (SO_2)، اسید سولفور (H_2SO_3)، انیدرید سولفوریک (SO_3)، اسید سولفوریک (H_2SO_4) و یون گوگرد.

چرخه گوگرد در شکل‌های ۷-۱۴ و ۷-۱۵ نشان داده شده است. گوگرد قابل استفاده گیاهان بیشتر به شکل سولفات (SO_4^{2-}) می‌باشد که توسط گیاهان احیا شده و در ساختمان سلول به عنوان جزء اصلی بعضی از اسیدهای آمینه درمی‌آید. مواد آلی تولید شده از طریق خورده شدن به وسیله هتروتروف‌ها و در نهایت، مرگ هتروتروف‌ها مجدداً تجزیه شده و به صورت H_2S به محیط آزاد می‌گردد. این عمل در خاک به وسیله مجموعه‌ای از میکروارگانیسم‌ها صورت پذیرفته و متعاقب آن H_2S تولید شده از طریق باکتری‌های سولفور به SO_4^{2-} تبدیل شده و به این طریق گوگرد در داخل اکوسیستم به چرخش درمی‌آید. عمده گوگرد موجود در آتمسفر به صورت SO_4^{2-} محلول در اقیانوس‌هاست که از فعالیت کارخانجات منشأ گرفته است.

چرخه مواد رادیواکتیو

در سال‌های اخیر، انسان عناصر رادیواکتیو را وارد چرخه‌های غذایی کرده است که اثرات آن در درازمدت هنوز نامعلوم می‌باشد. این مواد رادیواکتیو ناشی از انفجارهای بمب‌های اتمی و نیز تشعشعات خاکستر



شکل ۷-۱۵ چرخه گوگرد.

راکتورهای اتمی می‌باشد. هنگامی که بمب‌های اتمی مورد آزمایش قرار می‌گیرند مقدار زیادی مواد رادیواکتیو در فضا پخش شده و سپس از طریق نزولات آسمانی به سطح زمین برگشته و وارد چرخه‌های غذایی می‌گردد. این مواد در طی زمانی نسبتاً طولانی در بافت‌های گیاهان و جانوران و به‌خصوص استخوان‌های جانوران جمع شده و مقدار آن از حد موجود در محیط زیست چندین برابر بیشتر می‌شود. یکی از مهمترین عناصر رادیواکتیو استرونتیوم^{۹۰} می‌باشد که از محصولات عادی ذرات و خاکستر انفجارهای اتمی و مازاد محصولات اتمی بوده و وارد چرخه‌های غذایی می‌گردد. این ماده خیلی به‌کندی خاصیت رادیواکتیویته خود را از دست می‌دهد (نیمه‌عمر آن ۲۸ سال است) و از نظر اکولوژیک مانند کلسیم عمل کرده و همراه آن در چرخه جریان می‌یابد. استرونتیوم^{۹۰} خیلی سریع به‌وسیله گیاهان از طریق شاخه و

برگ و ریشه‌ها جذب می‌گردد و هنگامی که این گیاهان به‌وسیله جانوران و انسان خورده می‌شوند استرونتیوم ۹۰ در استخوان و سایر نقاطی که کلسیم رسوب می‌کند جمع می‌شود. در نقاطی که بارندگی زیاد و خاک اسیدی بوده و میزان کلسیم خاک یا سایر مواد معدنی آن کم باشد تراکم آن در گوسفندان و جانوران دیگر چراکننده بیشتر از نقاطی می‌گردد که بارندگی کم و خاک حاصلخیزتر است.

یکی از مهمترین زنجیره‌های غذایی که استرونتیوم ۹۰ وارد آن می‌گردد زنجیره غذایی گل‌سنگ ← گوزن آمریکایی ← انسان در مناطق قطبی دنیا می‌باشد. عرض‌های جغرافیایی زیاد نیمکره شمالی بیشتر در معرض باران خاکسترهای اتمی بوده و گیاه غالب آن گل‌سنگ است به‌خصوص *Cladonio Vangiferina* که صددردصد مواد رادیواکتیو باریده به‌روی خود را جذب می‌کند. از گل‌سنگ مواد رادیواکتیو مهمی مثل استرونتیوم ۹۰ و سزیوم ۱۳۷ به‌وسیله گوزن کانادایی و گوزن شمالی به گوشتخواران و انسان می‌رسد. ساکنین مناطق قطبی که از نظر تأمین پروتئین وابسته به گوزن کانادایی و گوزن شمالی می‌باشند هم‌اکنون بدنشان دارای مقدار زیادی مواد رادیواکتیو ذخیره‌شده می‌باشد. به‌عبارت دیگر، آلودگی غذایی ناشی از رادیواکتیویته در گل‌سنگ، گوزن کانادایی، گوزن شمالی و انسان به‌حدی رسیده است که ممکن است از نظر ژنتیکی و فیزیکی روی این موجودات تأثیر بگذارد.

در سایر نقاط دنیا ممکن است جریان استرونتیوم ۹۰ به‌شدت مناطق قطب نباشد ولی به‌هرحال وجود دارد. استخوان‌های کودکان و افراد سنین بالا در آمریکا و اروپا دارای مقادیری از استرونتیوم ۹۰ می‌باشد. واردشدن مواد رادیواکتیو در زنجیره‌های غذایی زنگ خطر است برای انسان که اگر استفاده از بمب‌های اتمی کنار گذاشته نشود زندگی جانوران و انسان دچار وضع وخیم و غیرقابل جبرانی خواهد شد.

عوامل محدود کننده

مقدمه و تعاریف

برای رشد و نمو، تولید مثل و ادامه حیات موجودات زنده نیاز به تعداد مشخصی از مواد است که این مواد بسته به نوع گونه موجود زنده و موقعیت‌های مختلف فرق می‌کنند. هر کدام از این مواد زمانی که مقدار آن کمتر از یک حداقل بحرانی باشد، به عنوان عامل محدود کننده‌ای عمل خواهد کرد. از دید اکولوژی عوامل محدود کننده^۱ آن دسته از عواملی هستند که توزیع یا فراوانی جمعیت‌ها را یا به طور کلی، موجودیتشان را در مناطق مختلف کره زمین کنترل می‌کنند. هر عاملی از محیط اعم از اقلیمی، فیزیکی، شیمیایی، زیستی، خاکی و غیره که بتواند حداقل در یک مرحله از دوران زندگی موجودات زنده بر آنها تأثیر داشته باشد عامل اکولوژیک^۲ گفته می‌شود. عوامل اکولوژیکی به طرق مختلف بر موجودات زنده اثر می‌کنند. آنها مانع انتشار جغرافیایی یا باعث پراکنش بیشتر موجودات زنده می‌گردند. آنها همچنین ممکن است بر میزان مرگ و میر و زاد و ولد و باروری جمعیت‌ها اثر بگذارند. عوامل اکولوژیک می‌توانند از نظر کیفی یعنی فیزیولوژیکی نیز بر موجودات زنده تأثیر بگذارند. مثل ایجاد خواب زمستانه یا تابستانه و غیره.

اصول مربوط به عوامل محدود کننده

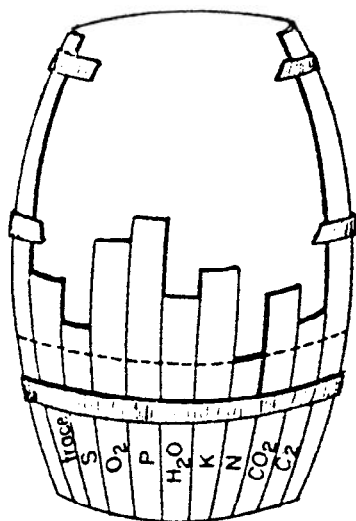
تا قبل از ۱۸۴۰ میلادی تنها تئوری که در زمینه تغذیه گیاهان وجود داشت به این صورت بیان می‌شد که گیاهان تنها از مواد آلی استفاده می‌کنند. تا اینکه در سال ۱۸۴۰ دانشمندی به نام لیبیک که یک شیمیدان آلمانی بود ثابت کرد که اولاً گیاهان از مواد معدنی تغذیه می‌کنند نه از مواد آلی و ثانیاً تئوری استرداد را این طور بیان نمود که مواد گرفته شده از خاک توسط گیاهان بایستی دوباره به زمین برگشت داده شوند تا بتوان از آن زمین محصول برداشت کرد.

در سال ۱۸۴۳ قانون مینیوم لیبیک^۳ که به قانون بشکه نیز معروف است، توسط وی ارائه شد که طبق این قانون «رشد گیاهان در هر جایی به وسیله آن عنصری محدود می‌شود که مقدارش در حداقل است» (شکل ۱-۸).

1. Limiting factors

2. Ecologic factors

3. Liebig law of minimum

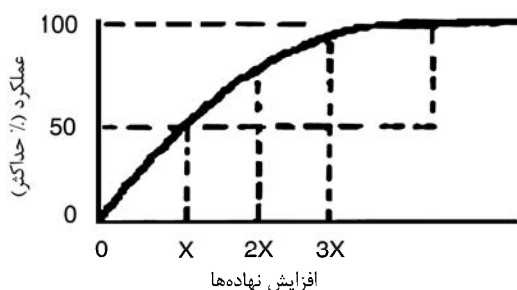


عوامل محدودکننده

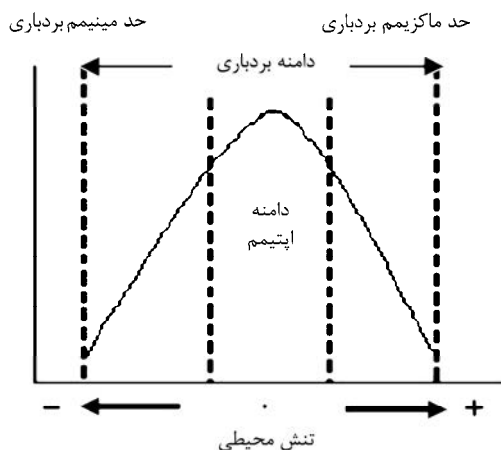
شکل ۸-۱ عنصری که در حداقل است تعیین‌کننده میزان رشد گیاه است (قانون لیبیک).

در اوایل قرن بیستم (۱۹۰۴) دانشمند دیگری به نام بلاک‌مند به این نتیجه رسید که «نه تنها مینیم عوامل شیمیایی بلکه مینیم عوامل فیزیکی هم می‌تواند گاهی محدودکننده باشد». گاهی دو قانون لیبیک و بلاک‌مند در هم ادغام و به نام قانون لیبیک - بلاک‌مند نامیده می‌شود و این طور تعریف می‌شود که رشد و نمو گیاهان توسط عوامل فیزیکی و شیمیایی کنترل می‌شوند که مقدارشان در حداقل است. در سال‌های بعد این دو قانون در مورد جانوران نیز به اثبات رسید.

دانشمند آلمانی به نام میچرلیخ در سال ۱۹۰۹ مشاهده کرد که وقتی گیاه مقدار کافی از عناصر بجز یک عنصر محدودکننده را دارد، واکنش رشد متناسب با عنصر محدودکننده خواهد بود و رشد گیاه با افزایش مقدار عامل محدودکننده زیاد می‌شود. البته این به صورت نسبت مستقیم نیست (شکل ۸-۲).



شکل ۸-۲ منحنی واکنش رشد براساس قانون میچرلیخ.



شکل ۳-۸ دامنه بردباری و دامنه ایتیمم.

در سال ۱۹۱۴ دانشمندی به نام شلفرد^۱ قانون لیبیک را تکمیل کرد و قانون یا اصل بردباری شلفرد^۲ را مطرح کرد. این دانشمند به این نتیجه رسید که نه تنها مینیمم عوامل محیطی بلکه ماکزیمم عوامل محیطی نیز می‌تواند محدودکننده باشد. این اصل بیانگر این واقعیت است که برای هرگونه‌ای در هر اکوسیستمی یک مینیمم و یک ماکزیمم بردباری نسبت به هر عامل محیطی وجود دارد که حد بین مینیمم بردباری و ماکزیمم بردباری را دامنه بردباری^۳ می‌گویند (شکل ۳-۸).

قانون دیگری در ارتباط با بحث عوامل محدودکننده ابتدا در سال ۱۹۳۱ به وسیله زاخارف و سپس در سال ۱۹۴۵ توسط بویکو ارائه شد و آن قانون ژئواکولوژیک انتشار است. طبق این قانون عوامل جغرافیایی مانند عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، دوری و نزدیکی به دریا باعث محدودیت انتشار گیاهان می‌شود و انتشار جزئی و کلی آنها در موازات یکدیگر و به وسیله میدان اکولوژیک آنها مشخص می‌شود.

هرچه به دامنه‌های ماکزیمم و مینیمم نزدیکتر شویم جمعیت کمتر خواهد شد. در محدوده دامنه بردباری منطقه‌ای وجود دارد که گونه بیشترین فعالیت تولیدمثلی را دارد. به این منطقه دامنه ایتیمم می‌گویند.

برای بیان حدود (دامنه) بردباری نسبت به عوامل محیطی از دو پیشنهاد یونانی در اکولوژی استفاده می‌شود که عبارت‌اند از اوری^۴ به معنی پهن و وسیع و استنو^۵ به معنی باریک، به عبارت دیگر، برای اینکه وسعت دامنه بردباری را بیان نمایند از این دو پیشنهاد استفاده می‌کنند. نمونه‌هایی از آن در جدول ۸-۱ آمده است.

به عنوان مثال، اگر دو گونه A و B وجود داشته باشند و گونه A درجه حرارت‌های صفر تا ۵۰°C را تحمل کند و گونه B درجه حرارت‌های ۲۰ تا ۴۰°C را بتواند تحمل کند، در این صورت می‌گوییم که گونه A اوری‌ترمال و گونه B استوترمال است (شکل ۴-۸).

1. V. F. Shelford
2. Shelford's law of tolerance
3. Limits of tolerance

4. Eury
5. Steno

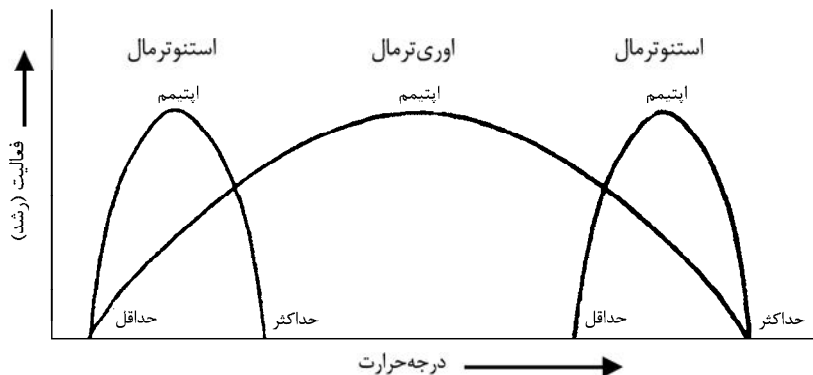
جدول ۱-۸ کاربرد اصطلاحات برای توصیف انواع مختلف بردباری‌ها.

عامل	دامنه وسیع	دامنه باریک
درجه حرارت	اوری‌ترمال	استنوترمال
آب	اوری‌هیدریک	استنوهیدریک
شوری	اوری‌هالین	استنوهالین
غذا	اوری‌فاغیک	استنوفاغیک
خاک	اوری‌ادافیک	استنوادافیک
انتخاب بستر	اوری‌شز	استنوشز

البته تحمل یا دامنه بردباری گونه‌ها ممکن است در اثر عوامل محیطی تا حدودی تغییر کند؛ مثلاً دامنه بردباری یک گیاه ممکن است در محدوده بین ۱۰ تا ۳۰°C باشد. در صورتی که برای چند سال متوسط درجه حرارت منطقه بین ۲۰ تا ۴۰°C باشد؛ در این صورت تعدادی از گیاهان آن گونه که قادر به تحمل بهتر این دامنه حرارتی باشند بیشتر زاد و ولد نموده و غالب خواهند گردید. در نتیجه در نسل بعدی دامنه بردباری گونه فوق از درجه حرارت‌های ۱۰ تا ۳۰°C به ۲۰ تا ۴۰°C تغییر خواهد کرد. بنابراین، دامنه بردباری موجودات زنده ممکن است در طی نسل‌ها تغییر کند.

درمورد قانون شلفرد تبصره‌هایی وجود دارد که عبارت‌اند از:

۱. یک گونه موجود زنده ممکن است نسبت به بعضی از عوامل محیطی دامنه بردباری وسیع و نسبت به دسته‌ای دیگر از عوامل دامنه بردباری محدودی داشته باشد. مثلاً یک گیاه ممکن است نسبت به شوری حساس باشد اما نسبت به سایر عوامل محیطی دامنه بردباری وسیعی داشته باشد.



شکل ۴-۸ مقایسه حدود دامنه‌های بردباری برای موجودات زنده اوری‌ترمال و استنوترمال.

۲. موجودات یا گونه‌هایی که در قبال عوامل محیطی دارای دامنه بردباری وسیعی هستند غالباً وسیع‌الطیف می‌باشند یعنی در همه جا یافت می‌شوند.
۳. زمانی که شرایط محیطی برای یک عامل محیطی اپتیمم نباشد می‌تواند بر روی وسعت دامنه بردباری گونه نسبت به سایر عوامل تأثیر بگذارد. مثلاً یک گونه گیاهی که در شرایط سرد واقع شود ممکن است با کمبود بعضی از عناصر غذایی نیز مواجه شود.
۴. دامنه بردباری گونه‌های موجودات زنده ممکن است نسبت به بسیاری از عوامل در دوره‌های سنی مختلف تغییر کند. مثلاً گندم در مرحله پنجه‌زنی دامنه بردباری بیشتری نسبت به سرما دارد.
۵. گاهی موجودات زنده تحت شرایط اپتیممی که در آزمایشگاه تعیین شده، در طبیعت به‌سر نمی‌برند. در چنین حالتی یک یا مجموعه‌ای از عوامل دیگر به‌غیر از عوامل موردنظر محدودکننده می‌باشند. به عبارت دیگر، موجودات زنده در طبیعت در تحت شرایط اپتیمم یک عامل مشخص به‌سر نمی‌برند بلکه مجموعه‌ای از عوامل اهمیت بیشتری دارند.

انواع عوامل محدودکننده

عوامل محدودکننده را می‌توان به چهار گروه تقسیم نمود:

۱. عوامل اقلیمی^۱: منظور از عوامل اقلیمی عوامل آب‌وهوایی در درازمدت می‌باشند. مهمترین عوامل اقلیمی عبارت‌انداز: نور، درجه حرارت، دسترسی به آب (رطوبت، نزولات جوی، آب موجود در اکوسیستم)، جریان‌های محیطی، فشار محیط، آتش و گازهای جوی.
۲. عوامل توپوگرافی یا پستی و بلندی^۲: شامل اثرات پستی و بلندی و ارتفاع زمین روی موجودات زنده می‌باشد. مانند جهت شیب، میزان شیب، ارتفاع و غیره.
۳. عوامل ادافیک^۳: شامل خصوصیات خاک مانند وضعیت غذایی، اسیدیته، میزان رطوبت خاک و غیره می‌باشند.
۴. عوامل بیوتیک^۴: شامل انواع تداخل‌های^۵ موجودات زنده با همدیگر مثل رقابت، سایه‌اندازی، چرا و غیره می‌شوند.

عوامل اقلیمی

آب‌وهوا^۶ حالت زودگذر یا موقتی آتمسفر در یک منطقه مشخص است و مطالعه جنبه‌های فیزیکی این حالت و پدیده‌های مرتبط با آن هواشناسی^۷ نامیده می‌شود. از طرف دیگر، اقلیم‌شناسی^۱ الگوی وضعیت

1. Climatic factors
2. Topographic factors
3. Edaphic factors
4. Biotic factors
5. Interactions
6. Weather
7. Meteorology

آب و هوا را در طی زمان و مکان تشریح می کند. بنابراین، اقلیم مجموعه شرایط آب و هوا می باشد که در قالب میانگین متوسط در پارامترهای هواشناسی بیان می شود. به عبارت دیگر، اقلیم متوسط درازمدت پارامترهای هواشناسی نظیر دما، رطوبت، بارندگی، نور و باد را نشان می دهد. اگرچه نوسانات پارامتری جوی فوق بسیار زیاد می باشد اما میانگین درازمدت آنها روند تغییرات خاصی را در طی روز، ماه یا سال دنبال می کند. بدین ترتیب، اقلیم تعیین کننده ساختمان و عملکرد اکوسیستم ها بوده و در نتیجه برنامه ریزی ها و تصمیم گیری های پایه ای کشاورزی تنها در قالب پیش بینی های درازمدت عوامل آب و هوایی یا به عبارت دیگر، شناخت اقلیم، میسر خواهد بود.

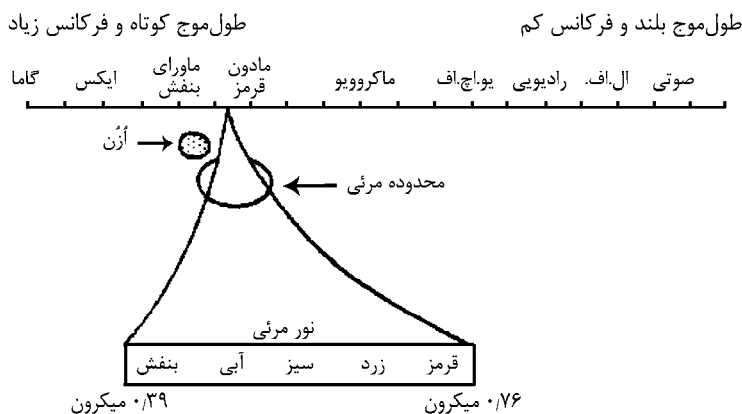
در رابطه با اقلیم ممکن است به اصطلاحات ماکروکلیم، مزوکلیم، میکروکلیم و تئوکلیم برخورد نماییم. ماکروکلیم (اقلیم منطقه ای)، اقلیمی است که در یک منطقه وسیع وجود دارد و تحت تأثیر عوامل عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به دریا، پستی و بلندی و ارتفاع از سطح دریا می باشد. هر اقلیم منطقه ای به چند مزوکلیم یا اقلیم محلی تقسیم می شود. هر مزوکلیم دارای چندین میکروکلیم یا اقلیم مسکنی است که به مسکن موجودات زنده مربوط می شود. مثلاً تمام باغچه های خانه یک میکروکلیم هستند یا در طبیعت در پستی و بلندی ها، شیب رو به شمال یک میکروکلیم و شیب رو به جنوب میکروکلیم دیگری دارد. برخی میکروکلیم را به نام آب و هوای گیاهی نیز نامگذاری کرده اند. به عبارت دیگر، هر پوشش گیاهی یک میکروکلیم است و بیشتر کارهای تحقیقاتی کشاورزی هم در میکروکلیم ها انجام می شوند. هر میکروکلیم دارای چندین تئوکلیم یا آب و هوای حد است. تئوکلیم آب و هوایی است که چسبیده به سطح می باشد. مثلاً یک برگ گیاه بسته به ابعادش مقداری از هوا را به اندازه یک تا دو میلی متر اشغال کرده که با آب و هوای مجاور تفاوت دارد. این آب و هوای کاملاً نزدیک به سطوح گیاهی یا هر سطح جامد دیگر را تئوکلیم می گویند.

با پیشرفت دانش هواشناسی و اقلیم شناسی، دانشمندان مختلف بر حسب نوع و هدف مطالعات خود یک یا دو یا چند عامل اقلیمی را مبنای تقسیم بندی قرار داده و به این ترتیب سیستم های مختلف طبقه بندی اقلیم ها را به وجود آورده اند که می توان بر حسب هدف و نوع مطالعات یکی از آنها را انتخاب کرده و به کار برد. برای مطالعه و شناخت دقیق روش های تقسیم بندی اقلیم ها می توان به منابع مربوط به اقلیم شناسی مراجعه نمود.

انواع عوامل اقلیمی محدود کننده

۱. نور

نور منبع اولیه کلیه انرژی ها در تمام اکوسیستم هاست و به طور کلی، ساختمان و عمل اکوسیستم ها عمدتاً بستگی به مقدار تشعشعات خورشیدی موجود دارد. نور می تواند عامل محدود کننده مهمی باشد که در این رابطه سه جنبه از نور اهمیت زیادی دارد که عبارت اند از:



شکل ۵-۸ طیف الکترومغناطیس نور.

(الف) کیفیت نور^۱

(ب) کمیت نور^۲ (شدت نور یا میزان انرژی)

(ج) طول مدت روشنایی یا فتوپریود^۳

اختلاف در این سه خصوصیت انواع فرایندهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی را هم در گیاهان و هم در جانوران کنترل می‌نماید. با وجود آنکه اثر نور اغلب با عوامل دیگر مانند درجه حرارت و میزان آب و غیره مرتبط است، اما اثرات اختصاصی نور مهمترین عوامل کنترل کننده محیط محسوب می‌شوند.

کیفیت نور

تشعشعات خورشیدی دارای طول‌موج‌های متفاوتی هستند اما تمامی آنها به بالا می‌رسد به سطح زمین نمی‌رسند و بیشتر طول‌موج‌های بین ۰/۳ تا ۱۰ میکرون نفوذ و به سطح زمین می‌رسند. نور مرئی در دامنه بین ۰/۳۹ تا ۰/۷۶ میکرون قرار دارد (شکل ۵-۸). طول‌موج‌های زیر ۰/۳۹ میکرون تشعشعات با طول‌موج کوتاه هستند که ضدحیات می‌باشند. امواج با طول‌موج‌های بالاتر از ۰/۷۶ میکرون امواج با طول‌موج بلند هستند که مانند نور مادون قرمز خاصیت گرمایی دارند.

اکثر گیاهان سازگاری به دریافت نور با طول‌موج‌های ۰/۳۹ تا ۰/۷۶ میکرون را دارند. امواج ماورای بنفش و مادون قرمز در فستق‌سبز به کار نمی‌روند. ضمن اینکه کلروفیل سبز است نورهای قرمز و آبی را به خود جذب می‌کند، بنابراین امواج فوق‌مهمترین قسمت طیف مرئی فستق‌سبز هستند.

در اکوسیستم‌های خشکی کیفیت نور تفاوت معنی‌داری ندارد و بنابراین اثر قابل‌توجهی بر میزان فتوسنتزی که در گیاهان انجام می‌شود ندارند؛ غیر از مواردی که سایه‌انداز گیاهی متراکم بوده و مقدار

1. Quality or wavelength composition
2. Intensity or energy content
3. Duration of light or photoperiod

زیادی نور در بالای کانوبی جذب می‌شود. نوری که به گیاهان در سطح پایین‌تر از گیاهان بالاتر نفوذ می‌کند نه تنها از نظر مقدار نوری که در روی کانوبی است کمتر می‌باشد بلکه طول‌موج‌های قرمز و آبی را نیز کم دارد. چنین گیاهانی که در چنین بسترهایی زندگی می‌کنند بایستی به محیط‌های با انرژی کم سازگار باشند. در اکوسیستم‌های آبی، نور قرمز و آبی توسط فیتوپلانکتون‌های موجود در سطح گرفته شده و نور مایل به سبزی که در لایه‌های پایین نفوذ می‌کند خیلی کم به وسیله کلروفیل جذب می‌شود. جلبک‌های قرمز که جزء مهمترین علف‌های هرز دریایی هستند و دارای رنگیزه‌های قرمز-قهوه‌ای (phycoerythrins) می‌باشند می‌توانند نور سبز را برای فتوسنتز به‌خود جذب کنند و این امر آنها را قادر می‌سازد که در اعماق ژرف‌تر زندگی کنند. نور ماورای بنفش برای باکتری‌ها مضر است. این نور تأثیر سوء تدریجی بر نمو گیاهان دارد. بیشتر تشعشعات با طول‌موج کوتاه در طبقات بالای آتمسفر جذب شده و تنها درصد کمی از آنها به سطح زمین می‌رسد و به‌همین دلیل تأثیر نور ماورای بنفش در ارتفاعات بلند خیلی بیشتر است. تصور می‌شود که یک دلیل اصلی مشاهده فرم روزت (Rosette) در گیاهان نواحی کوهستانی و مرتفع در نتیجه ممانعت نور ماورای بنفش از طویل شدن ساقه باشد. نور ماورای بنفش احتمالاً مانع از پراکندگی خیلی از گونه‌های گیاهی مناطق کوهستانی می‌شود. بدین ترتیب، نور ماورای بنفش به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده در الگوهای توزیع موجودات زنده به‌شمار می‌رود.

نقش کیفیت نور در چگونگی توزیع و عمل حیوانات کاملاً مشخص نیست. بینایی رنگی در حیوانات یک عامل بسیار حساس توزیع‌کننده گروه‌های مختلف حیوانات است. دید رنگی تنها در برخی از گونه‌های بندپایان، ماهی‌ها و پرندگان و پستانداران به‌خوبی توسعه یافته است. لیکن در گونه‌های دیگر این گروه‌ها این ویژگی وجود ندارد. مثلاً دید رنگی در بین پستانداران تنها در گونه‌های ابتدایی به‌خوبی توسعه یافته است. در حشرات متناسب با ارتفاع از سطح دریا رنگ بدن حشرات مقداری تیره‌تر می‌شود. این مسئله به این خاطر است که اولاً اشعه ماورای بنفش را منعکس کند و ثانیاً سایر امواج را جذب نماید تا درجه حرارت بدنش زیاد شود.

در جنگل‌های انبوه نیز چون کانوبی متراکم است نور کافی به زیر کانوبی نمی‌رسد و برای گیاهان زیر کانوبی کیفیت نور مناسبی تأمین نمی‌شود. چون اکثر نور مرئی که کیفیت مناسبی برای فتوسنتز دارد در سطح بالای کانوبی جذب شده است. در نتیجه کیفیت نور را می‌توان به‌عنوان یک عامل محدودکننده برای رشد علف‌های هرز در این قسمت‌ها در نظر گرفت.

کیفیت نور بر روی جوانه‌زنی بذر گیاهان نیز مؤثر است. مثلاً در بسیاری از گیاهان برای اینکه بذشان جوانه بزنند باید نسبت نور قرمز به قرمز دور بیشتر از یک باشد.

شدت نور

شدت یا مقدار نور، مقدار انرژی است که توسط نور به محیط می‌رسد و مقدار آن در نقاط مختلف زمین و در زمان‌های مختلف متفاوت است. عرض جغرافیایی، میزان ابری‌بودن، پستی و بلندی، فصول مختلف سال و غیره در شدت نور مؤثرند.

انرژی نورانی که به وسیله گازهای مختلف موجود در هوا، آلودگی های هوا، یا ابرها گرفته می شود و به صورت غیرمستقیم به زمین می رسد نور پخش یا انرژی جوی نامیده می شود. بنابراین، انرژی که به سطح خاک می رسد به دو صورت نور مستقیم و نور پخش یا انرژی جوی می باشد.

از نورهایی که به سطح برخورد می کنند یک مقدار منعکس می شود که بستگی به ضریب انعکاس سطح دارد. مثلاً در خاک های زراعی این مقدار از ۰/۳۵-۰/۱ متفاوت است و هرچه خاک تیره تر باشد کمتر می شود. ضریب انعکاس بین ۱-۰ متغیر است. اگر $p=1$ باشد (مثل آینه) یعنی صد درصد انرژی نورانی رسیده منعکس می شود. به هنگام روز که انرژی به سطح خاک می رسد انرژی را جذب کرده و سطح خاک گرمتر از هوای اطراف است. ولی در موقع شب سطح خاک سردتر شده که این به علت تشعشعات حرارتی است که از خاک خارج می شود. هرچه هوا خشکتر باشد اختلاف درجه حرارت بین سطح خاک و هوای اطراف بیشتر خواهد بود.

مقدار نور در اکوسیستم های مختلف متفاوت است. پوشش گیاهی نور را جذب و نور از طریق تأثیری که بر تولید اولیه دارد کل اکوسیستم را کنترل می نماید. پوشش گیاهی در مقابل نور قرار گرفته و مقداری از نور را جذب و مقدار کمی به گیاهان کوتاه قد زیرکانوبی می رسد.

در اکوسیستم های آبی شدت نور با افزایش عمق به سرعت کاهش پیدا می کند. آب تا حد زیادی نور را منعکس و نیز جذب می کند. در آب زلال و آرام تنها ۵۰٪ نوری که به سطح آب می تابد به عمق ۱۵ متری می رسد و چنانچه آب جریان داشته باشد یا متلاطم باشد نور بسیار کمتری به عمق نفوذ می کند. این مسئله محدودیت شدیدی را برای فتوسنتز به وجود می آورد.

شدت نور خیلی زیاد نیز می تواند عامل محدودکننده باشد. نورهای خیلی شدید ممکن است از طریق اکسیداسیون نور^۱ به آنزیم ها صدمه بزند، این امر بر متابولیسم موجودات زنده به خصوص بر توانایی آنها در سنتز پروتئین ها تأثیر زیادی می گذارد.

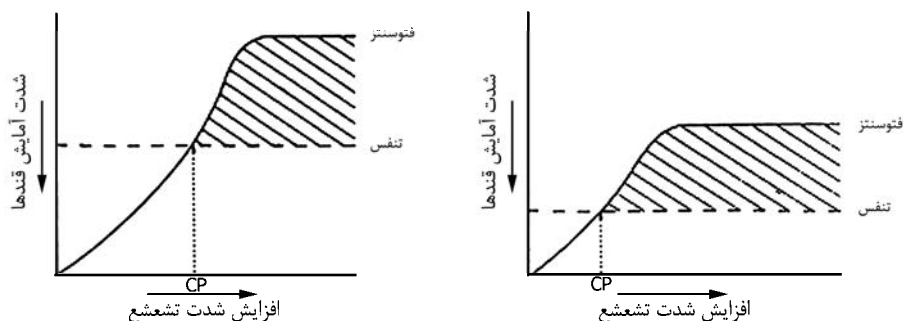
برای آنکه یک گیاه قادر باشد که تولید خالص^۲ داشته باشد بایستی نور کافی جهت تولید هیدرات های کربن دریافت کند تا در نتیجه بتواند مقدار مواد آلی مصرف شده در هنگام تنفس را جبران نماید. اگر فرض کنیم که تمام متغیرهای دیگری که بر میزان فتوسنتز و تنفس تأثیر می گذارند ثابت باشند، تعادل بین دو جریان تنفس و فتوسنتز را در رابطه با شدت نور می توان به صورت شکل ۶-۸ مشخص نمود. وقتی شدت نور افزایش می یابد فتوسنتز نیز تا نقطه ای افزایش می یابد. به طوری که در این نقطه افزایش شدت نور تأثیری بر راندمان فتوسنتز نخواهد داشت؛ به این نقطه، نقطه اشباع نوری^۳ می گویند. نقطه ای که میزان فتوسنتز گیاه (تشکیل هیدرات کربن) به اندازه نیاز تنفسی گیاه می رسد نقطه جبرانی^۴ نامیده می شود. در این نقطه شدت نور برای تولید خالص کافی بوده و حداقل شدت نوری است که برای زندگی گیاه لازم است. نقطه جبرانی در گیاهان مختلف متفاوت است.

1. Photo-oxidation

2. Net production

3. Light saturation level

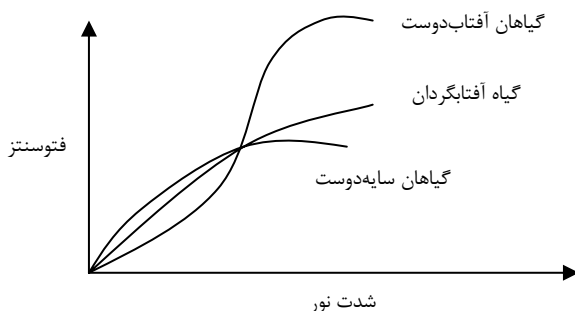
4. Compensation point



شکل ۸-۶: دیاگرام‌های نقطه جبرانی در یک گیاه آفتاب‌دوست و یک گیاه سایه‌دوست.

بر اساس شدت نوری که برای فتوسنتز نیاز است گیاهان را به سه دسته تقسیم می‌کنند:

- **گیاهان آفتاب‌دوست**^۱: گیاهانی هستند که برای حیات به شدت‌های بالای نور سازگاری پیدا کرده‌اند و نقطه جبرانی بالایی دارند. گیاهان آفتاب‌دوست در شدت‌های نور بیشتر کارایی فتوسنتزی بالاتری و در شدت‌های پایین نور کارایی فتوسنتزی کمتری دارند. گیاهان آفتاب‌دوست که عمدتاً همان گیاهان چهار کربنه (C_4) هستند با افزایش شدت نور کارایی فتوسنتزی‌شان روند فزاینده‌ای دارد (شکل ۷-۸).
- **گیاهان سایه‌دوست**^۲: گیاهانی هستند که برای حیات به شدت‌های پایین نور سازگاری یافته و نقطه جبرانی پایینی دارند گیاهانی هستند که در شدت‌های پایین نور از کارایی فتوسنتز بالاتری برخوردارند؛ با افزایش شدت نور کارایی فتوسنتزی‌شان روند کاهنده‌ای دارد و عمدتاً گیاهان سه کربنه (C_3) هستند.
- **گیاهان بی‌تفاوت**: گیاهانی هستند که تغییر شدت نور تأثیری در کارایی فتوسنتزشان ایجاد نمی‌کند. حد واسط گیاهان آفتاب‌دوست و سایه‌دوست می‌باشند مثل آفتابگردان. بعضی از گونه‌های گیاهی خصوصیات سایه‌دوست‌ها را در جوانی و خصوصیات آفتاب‌دوست‌ها را در زمان بلوغ خودشان دارند مخصوصاً برخی از گونه‌های درختی.



شکل ۸-۷: رابطه شدت نور و میزان فتوسنتز در گیاهان مختلف.

1. Heliophytes (sun-plants)

2. Sciophytes (shade-plants)

برای شناسایی درختان نورپسند از سایه‌پسند یکی از روش‌ها این است که برگ‌های کانوپی درختان را بررسی نماییم و به‌نحوه قرارگرفتن برگ‌ها توجه شود که آیا برگ‌ها در اطراف هستند یا در شاخه‌های درونی کانوپی نیز وجود دارند. اگر داخل کانوپی همانند بیرون کانوپی دارای برگ بوده و برگ‌های داخل مثل برگ‌های بیرون شاداب باشند گیاه سایه‌پسند است و اگر تمام برگ‌ها در بیرون کانوپی باشد نورپسند خواهد بود. زیرا برگ‌های داخلی تحمل سایه را نداشته و از بین رفته‌اند و این در موقعی است که گیاه به‌صورت تک‌درخت باشد نه در اجتماع. روش دیگر تشخیص گیاهان نورپسند از سایه‌پسند، توجه به اجتماع درختان و وقوع هرس طبیعی است. درختانی که در آنها هرس طبیعی به‌خوبی انجام می‌گیرد یعنی شاخه‌های پایینی می‌افتند و تنه پایین درخت فاقد شاخه باشد درختان نورپسند و اگر هرس طبیعی خوب انجام نگیرد، گیاهان سایه‌دوست خواهند بود. درختان میوه اغلب نورپسند هستند. درمورد گیاهان علفی در صورتی که برگ‌های پایینی مثل برگ‌های بالا شاداب باشد گیاه سایه‌دوست و در غیر این‌صورت، نورپسند است. مثلاً گندم نورپسند است.

شدت نور بر روی جانوران هم مؤثر است. فعالیت حشرات با میزان نور متفاوت است. مثلاً سوسک کامل کرم سفید ریشه (*Melolontha melolontha*) در موقع غروب آفتاب در بهار پرواز می‌کند. در فصل بهار طول روز روبه‌افزایش است. وقتی که پرواز حشره را مورد مطالعه قرار دادند مشاهده نمودند که پرواز حشره هر روز نسبت به روز قبل با تأخیر انجام می‌شود و نتیجه گرفتند که پرواز این حشره به‌شدت نور معینی وابسته است و زمانی که در غروب آفتاب آن شدت نور تأمین می‌شود، صورت می‌گیرد.

در مزرعه کشت مخلوط ذرت و لوبیا در منطقه لاند فرانسه سوسکی به نام *Acanthoscelides obsoletus* وجود داشته است و مشخص گردیده که همواره آلودگی لوبیا به‌وسیله این سوسک در حاشیه مزارع و انتهای کانوپی بیشتر است. یعنی فعالیت سوسک در این قسمت‌ها بیشتر و در داخل کانوپی کمتر است و نتیجه گرفته‌اند که این سوسک حشره نورپسندی است و جاهایی که نور زیادتر است فعالیت نیز بیشتر است. نور در فعالیت‌های تولیدمثلی نیز مؤثر است. تمام گیاهان برای اعمال زایشی نیاز به نور مستقیم دارند به‌خصوص گیاهانی که از دانه‌شان استفاده می‌شود. بنابراین، چنانچه هدف از کشت گیاه استفاده از قسمت رویشی باشد می‌تواند در جاهای سایه کاشت شود ولی اگر هدف استفاده از اندام‌های زایا باشد حتماً باید در جاهای آفتابی کاشت شود. بنابراین، برای رشد قسمت‌های علفی سایه و برای رشد قسمت‌های زایشی آفتاب بیشتر مورد نیاز است.

شدت نور از طریق تأثیر بر جوانه‌زدن دانه‌ها نیز می‌تواند یک عامل محدودکننده باشد. بعضی از بذور اگر قبل از جوانه‌زدن نور ببینند زود سبز می‌شوند مثل توتون، غلات، هویج، کاهو و صنوبر یعنی نور، جوانه‌زدنشان را افزایش می‌دهد. ولی بعضی از بذور اگر نور ببینند جوانه‌زدنشان با اشکال مواجه خواهد شد. مثل گوجه‌فرنگی و گیاهان خانواده آلاله که حساسیت منفی نسبت به نور دارند.

جدول ۲-۸ اختلاف طول روز برحسب عرض جغرافیایی.

عرض جغرافیایی	استوا	۲۰ درجه	۴۰ درجه	۶۰ درجه	۹۰ درجه (قطب)
حداکثر طول روز	۱۲,۰۵	۱۳,۱۸	۱۴,۵۸	۱۸,۴۵	۲۴
حداقل طول روز	۱۲,۰۴	۱۰,۵۳	۹,۱۶	۵,۴۵	۰

طول مدت روشنایی یا فتوپریود

طول نسبی روز و شب اثرات زیادی بر گیاهان و جانوران دارد. تغییرات طول روز و شب در فصول مختلف سال فتوپریود^۱ و اثر آن بر روی موجودات زنده فتوپریودیسم^۲ نامیده می‌شود. طول این مدت بسته به عرض جغرافیایی و فصل سال متفاوت است. در مناطق استوا تغییرات تقریباً صفر است (طول روز و شب مساوی است) و هر چه به طرف عرض ۹۰ درجه (قطب) پیش می‌رویم اختلاف زیادتر شده به طوری که در قطب یا همیشه شب و یا همیشه روز است. در جدول ۲-۸ اختلاف طول روز در عرض‌های مختلف جغرافیایی آورده شده است. عکس‌العمل گیاهان به فتوپریود عمدتاً شامل تحریک گلدهی، افتادن برگ‌ها و خواب دانه^۳ می‌باشد در صورتی که در جانوران عمدتاً شامل تحریک به مهاجرت، خواب زمستانی، لانه‌سازی و تغییر در رنگ پوشش بدن است. گیاهان گلدار از نظر عکس‌العمل به فتوپریود به گروه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- **گیاهان روزبلند^۴:** گیاهانی هستند که زمانی گل می‌دهند که طول روزها بلندتر از یک حد بحرانی می‌شود یا گیاهانی هستند که برای گلدهی نیاز به طول روز بلندتر از ۱۲ ساعت دارند. مثل بسیاری از محصولات مناطق معتدل از قبیل گندم، جو، اسفناج و غیره.
- **گیاهان روزکوتاه^۵:** گیاهانی هستند که برای گلدهی نیاز به روزهای کوتاه‌تر از یک حد بحرانی دارند یا گیاهانی که برای گلدهی نیاز به طول روز کمتر از ۱۲ ساعت دارند مانند توتون، داوودی، سویا، گوجه‌فرنگی، ذرت و غیره.
- **گیاهان بی‌تفاوت یا روزخنثی^۶:** گیاهانی هستند که برای تحریک گلدهی نیاز به طول روز خاصی ندارند. برای گلدهی نسبت به طول روز و شب بی‌تفاوت هستند. مثل آفتابگردان، گیلان، اوکالپتوس، یاس، رز، پنبه، همیشه‌بهار و غیره.

پیازها و غده‌ها نیز تحت تأثیر طول روز واقع می‌شوند. پیازها در روزهای بلند حجیم‌تر می‌شوند. هر چه پیاز را زودتر بکارند، پیازها درشت‌تر خواهند شد چون رشد علفی خود را زود به پایان رسانده و موقعی که نوبت به رشد پیاز می‌رسد روزها بلند خواهد بود. غده‌ها برعکس برای رشد خود نیاز به روزهای کوتاه دارند.

1. Photoperiode
2. Photoperiodism
3. Dormancy
4. Long-day plants
5. Short-day plants
6. Day-neutral plants or photoaperiode

مثلاً سیب زمینی در پائیز بیشتر رشد غده‌ای خود را دارد. چون اکثر علف‌های مراتع دارای غده هستند از این امر در مرعداری استفاده می‌کنند. بنابراین، توصیه می‌شود که در آخر فصل چرا، مراتع را به حال استراحت بگذارند تا در روزهای کوتاه پائیز غده‌ها را تشکیل داده و مرتع را پر کنند و برای سال بعد مرتع احیا گردد. فتوپریود در ریزش برگ‌های گیاهان نیز تأثیر دارد به طوری که با فرارسیدن پائیز و تغییر عوامل محیطی مخصوصاً کاهش دما و کوتاه شدن طول روزها غلظت اسید آکسیسیک در گیاه به میزانی می‌رسد که موجب تشکیل ناحیه ریزش یا سقوط دمبرگ می‌گردد که سبب ریزش برگ‌ها می‌شود.

فتوپریود بر روی جانوران نیز تأثیر دارد. پیشرفته‌ترین واکنش‌های فتوپریود در پرندگان دیده می‌شود. عکس‌العمل به تغییرات فتوپریود عامل شروع مهاجرت در بسیاری از گونه‌های پرندگان است. به این دلیل مهاجرت پرندگان از مناطق معتدل اغلب در عرض چند روز برای هرگونه خاص انجام می‌شود. به استثنای پرندگان گرمسیری بلوغ غدد جنسی پرندگان در روزهای بلند انجام می‌شود و این پرندگان در روزهای بلند تخم‌گذاری می‌کنند. ارگان‌های جنسی پرندگان در ماههای زمستان اندازه حداقل را دارند. آنها در اوایل بهار شروع به بزرگ شدن می‌کنند و رشدشان با افزایش طول روزها بیشتر می‌شود.

در مورد مرعداری‌ها کاربرد نور هم میزان تخم‌گذاری، قدرت تخم‌گذاری و زمان شروع تخم‌گذاری و هم رشد مرغان گوشتی را زیاد می‌کند و این را در مرعداری به عنوان بازی با نور با فرمول‌های خاصی به کار می‌برند. در مورد پستانداران، فصل‌های تولیدمثل نشخوارکنندگان در روزهای کوتاه و گوشتخواران و جوندگان در روزهای بلند است. در مورد جانوران رشد مو، پشم و کرک در روزهای کوتاه بیشتر است.

فتوپریود بر تولیدمثل و فعالیت‌های مربوط به مهاجرت ماهی‌ها نیز تأثیر دارد. مثلاً ماهی *Salvelinus fontinalis* از خانواده آزادماهی، در روزهای کوتاه پائیز تخم‌ریزی می‌کند و نیز ماهی‌ها تحت تأثیر فتوپریود با فعال کردن سیستم‌های هورمونی وادار به مهاجرت می‌شوند.

در حشرات مسئله دیاپوز^۱ تابع طول روز است. دیاپوز توقف رشد جنین یا لارو، به صورت موقت است و با خواب زمستانی و تابستانی تفاوت دارد و عموماً از طول روز ناشی می‌شود. در حشرات ممکن است دیاپوز در روزهای بلند به وجود آید و یا ممکن است در روزهای کوتاه اتفاق بیافتد. در مورد روز بلند مثل کرم ابریشم^۲ که دیاپوز در حالت تخم به وجود می‌آید و در مورد روز کوتاه مثل بال پولکداران (پروانه‌ها) به عنوان مثال، در شب پره کلم^۳ دیاپوز در مرحله شفیرگی در روزهای کوتاه شهریور اتفاق می‌افتد.

۲. درجه حرارت

درجه حرارت یکی دیگر از عوامل مهم اکولوژیک می‌باشد که بر فعالیت‌های زیستی، سطح انتشار و فرایندهای داخلی موجودات زنده مؤثر است. درجه حرارت یک عامل محیطی است که هم به طور مستقیم و هم غیرمستقیم بر روی سرعت واکنش‌های شیمیایی بدن موجودات زنده اثر می‌کند و به طور کلی، با افزایش

1. Diapaus

2. Mamestra brassicae

3. Bombyx mori

درجه حرارت سرعت واکنش های شیمیایی افزایش می یابد. درجه حرارت به طور غیرمستقیم بر عوامل دیگر مخصوصاً تأمین آب نیز تأثیر می گذارد. درجه حرارت میزان تبخیر را تعیین می کند و بنابراین نه تنها بر میزان کاهش آب از موجودات زنده بلکه بر میزان بارندگی نیز تأثیر می گذارد. غالباً جدا کردن تأثیر درجه حرارت به عنوان یک عامل محیطی مشکل است؛ زیرا با عوامل دیگری مثل نور، آب، باد در ارتباط است.

هر موجود زنده ای تمایل به نگهداری درجه حرارت بدن در محدوده معینی دارد. اکثر گونه ها برای حفظ درجه حرارت بدن خود سازگاری های خاصی پیدا کرده اند. این قبیل سازگاری ها تحت تأثیر میزان گرمای به دست آورده و یا از دست داده و یا هر دو می باشد. به طور کلی، وجود رابطه مساوی بین انرژی گرفته شده و انرژی از دست داده شده، سبب نگهداری درجه حرارت بدن جانوران و یا گیاهان در یک حد ثابتی می شود. اگر درجه حرارت گرفته شده بیشتر از درجه حرارت از دست داده شده باشد، درجه حرارت بدن افزایش خواهد یافت و اگر گرمای از دست داده شده بیشتر از گرمای گرفته شده باشد درجه حرارت بدن پایین خواهد آمد. دو طرف معادله فوق (گرمای گرفته شده = گرمای از دست داده شده) را می توانیم با جزئیات بیشتری بررسی کنیم. گرمای گرفته شده از سه منبع اصلی کسب می شود:

۱. **تشعشعات خورشیدی:** شامل تشعشعات گرمایی و نیز تشعشعات با طول موج های کوتاه تر مثل نور مرئی می باشد و زمانی که به وسیله حیوان یا گیاه جذب می شود به صورت گرما منعکس می شود.

۲. **تشعشعات گرمایی و مادون قرمز حاصل از محیط:** به عنوان مثال، گرمای تابیده شده از زمین یا از موجودات زنده دیگر.

۳. **متابولیسم:** ضمن استفاده موجودات زنده از انرژی ذخیره شده در ترکیبات آلی، این انرژی به صورت گرما از بافت ها رها می شود.

گرما به سه طریق اصلی از موجودات زنده خارج می شود:

- **به وسیله تشعشعات گرمایی و مادون قرمز:** گرمای موجود در موجودات زنده از طریق متابولیسم یا منابع دیگر به وسیله تشعشعات گرمایی و مادون قرمز از بدن خارج می شود.
- **از طریق جابه جایی:** درجه حرارت هوای اطراف یک موجود زنده ممکن است باعث کاهش یا افزایش دمای بدن موجود زنده شود. اگر هوای اطراف حرکت داشته و سرد باشد باعث کاهش دمای بدن موجود زنده و اگر هوای اطراف گرم تر باشد سبب گرم شدن موجود زنده می گردد.
- **از طریق تبخیر:** زمانی که آب از مایع به بخار تغییر شکل می دهد، گرما از سطح تبخیر شده خارج می شود. گیاهان از طریق فرایند تعرق و حیوانات از طریق تبخیر عرق یا بزاق، ممکن است گرما را از دست بدهند. بررسی تغییرات جزء به جزء هر عامل در یک بعد گرادیان آن عامل نامیده می شود. مثلاً بررسی جزء به جزء تغییرات دما در یک بعد گرادیان دما گفته می شود. به عنوان مثال، چنانچه تغییرات دما را با افزایش عمق خاک در شبانه روز بررسی کنیم گرادیان دما را در عمق خواهیم داشت. در آتمسفر نزدیک سطح زمین

متناسب با افزایش ارتفاع از سطح دریا به طرف بالا از میزان دما کاسته می شود. به طوری که به ازای افزایش هر ۱۰۰ متر حدود ۰/۶-۰/۵ درجه سانتیگراد دما کاهش می یابد. در بعضی نقاط در آسمان صاف و هوای آرام شبها، هوای سرد کوهستان به طرف دریا یا دشت مجاور کشیده می شود و به علت سنگینی وزن خود در زیر هوای گرم واقع می شود و در نتیجه، در این مناطق هوا بسیار سرد می شود و هوا از ارتفاعات بالاتر سردتر است. این پدیده را اصطلاحاً انورسیون یا برگشت حرارتی^۱ می گویند و زمانی که این پدیده اتفاق بیافتد گفته می شود لایه وارونگی حرارت تشکیل شده یا انورسیون حرارتی اتفاق افتاده است. خطر این پدیده به حدی است که گیاهان حساس به سرما را از بین خواهد برد. در زمانی که این لایه تشکیل می شود، هوا ساکن است. بنابراین، چنانچه آلوده کننده های هوا مثل اتومبیل ها وجود داشته باشند مرتب بر آلودگی هوا افزوده خواهد شد و ممکن است برای بعضی افراد مانند بسیاری از کسانی که مشکلات قلبی و تنفسی دارند خطرناک باشد.

مهمترین عوامل مؤثر بر تغییرات دما شامل ارتفاع از سطح دریا، عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به دریا، جهت و درجه شیب زمین، پوشش گیاهی و پستی و بلندی (توپوگرافی) می باشند. وقتی که از دشت به طرف ارتفاعات یک قله صعود می کنیم به طبقه هایی (رگه ها یا اشکوب هایی) از پوشش گیاهی برخورد می کنیم که به وجود آمدن این طبقه های گیاهی در ارتفاعات مختلف عمده تاً مربوط به درجه حرارت است.

چنانچه از قطب به طرف استوا حرکت کنیم اول به پوشش گیاهی توندرا که بیشتر خزه ها و مقداری گیاهان علفی است می رسیم. در توندرا معمولاً دو درختچه توس پاکوتاه و بید علفی نیز دیده می شود. بعد از توندرا، تایگا وجود دارد که شامل جنگل های سوزنی برگ عرض های جغرافیایی زیاد، می باشد. بعد از تایگا درختان پهن برگ خزان کننده و بعد درختان پهن برگ همیشه سبز وجود دارند. در یک منطقه معمولاً ارتفاعات بالا را سوزنی برگ و ارتفاعات پایین را پهن برگ ها تشکیل می دهند و نیز اگر پهن برگ ها را در نظر بگیریم خزان کننده ها در ارتفاعات بالا و همیشه سبزها در ارتفاع پایین هستند.

گیاهان جهات مختلف شیب ها یکسان نیستند. به عنوان مثال، اگر رستنی های البرز را در نظر بگیریم گیاهانی که در شیب های رو به شمال کوه های البرز هستند با گیاهان شیب های رو به جنوب کوه های فوق متفاوت اند. زیرا درجه حرارت و عوامل دیگری در شیب های رو به شمال و رو به جنوب با هم اختلاف دارند.

به طور کلی، متناسب با افزایش ارتفاع از سطح دریا یا افزایش عرض جغرافیایی، سردی هوا، آغاز فعالیت های رویشی و فصل برداشت گیاهان را به تأخیر می اندازد. به ازای افزایش هر ۱۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا آغاز رویش چهار روز به تأخیر می افتد و به ازای افزایش هر یک درجه عرض جغرافیایی نیز چهار روز تأخیر در فعالیت رویشی حاصل می شود. فاصله یک درجه عرض جغرافیایی در روی زمین ۱۱۰ کیلومتر مسافت دارد. بنابراین، هر یک درجه عرض جغرافیایی و ۱۱۰ متر افزایش ارتفاع در رشد و نمو گیاهان اثر یکسانی دارند. بنابراین، اگر گیاهی را از یک عرض جغرافیایی به عرض جغرافیایی دیگری (مثلاً حداکثر تا ۱۰ درجه) جابه جا کنیم باید ارتفاع در محل جدید متناسب با تغییر عرض، تغییر داده شود.

درمورد آغاز تخم گذاری پرندگان نیز به ازای افزایش یک درجه عرض جغرافیایی یا ۱۱۰ متر ارتفاع از سطح، پدیده مشابهی اتفاق می افتد. درمورد گنجشک ها تخم گذاری ۳ روز به تأخیر می افتد. پوشش گیاهی نیز بر تغییرات دما تأثیر می گذارد. دامنه تغییرات دما در داخل پوشش گیاهی کمتر است. حداقل دما در داخل پوشش گیاهی در موقع صبح قبل از طلوع آفتاب و بدون توجه به نوع پوشش گیاهی در قسمت انتهایی شاخ و برگ گیاهان است و حداکثر دما در ۲۴ ساعت در حدود ساعت ۲-۱ بعد از ظهر می باشد. اکثر موجودات زنده برای حیات در بیوسفر دامنه حرارت ۰ تا ۵۰°C را تحمل می کنند. هر موجود زنده ای نیاز به یک درجه حرارت حداقل، درجه حرارت حداکثر و درجه حرارت اپتیمم دارد و اصطلاحاً موجودات زنده نیاز به درجه حرارت های کاردینال^۱ دارند.

گیاهان برای تکمیل زندگی خود نیاز به مقداری درجه حرارت دارند که تحت عنوان ضریب حرارتی یا نیاز حرارتی یا جمع حرارتی یا تنوری مجموع مطرح می گردد. به عنوان مثال، رقم خاصی از گندم ممکن است برای اینکه چرخه زندگی اش را تکمیل کند نیاز به ۱۳۵۰°C حرارت داشته باشد که بایستی این مقدار حرارت از زمان کاشت تا زمان برداشت برای آن گیاه در منطقه فراهم شود تا امکان کاشت آن گیاه وجود داشته باشد. برای این منظور، ابتدا صفر فیزیولوژیک یا صفر پایه (حداقل درجه حرارتی که گیاه فعالیت های فیزیولوژیکی خود را شروع می کند) را برای آن گیاه تعیین می کنند و بعد با استفاده از آمار هواشناسی درجه روز^۲ (DD) را برای روزهای کاشت تا برداشت با استفاده از فرمول زیر محاسبه می کنند. اگر جمع حرارتی مورد نیاز گیاه در آنجا قابل تأمین باشد آن گیاه را می توان در آن منطقه کاشت نمود.

$$DD = \sum \left(\frac{\text{حداقل درجه حرارت} + \text{حداکثر درجه حرارت روزانه}}{2} - \text{صفر فیزیولوژیک یا صفر پایه} \right)$$

از ضریب حرارتی برای مبارزه با آفات مهم نیز استفاده می کنند. آفات مهم را در آزمایشگاه پرورش داده و جمع ضریب حرارتی آنها را حساب می کنند و جمع حرارتی را تا بهترین زمان مبارزه با حشره به دست آورده و در آن زمان با آفت مورد نظر مبارزه می کنند. مثلاً درمورد مگس میوه جات^۳ صفر فیزیولوژیک برابر ۱۳/۵°C و نیاز حرارتی ۲۵۰°C بوده است. با استفاده از آمار هواشناسی می توان زمان مبارزه را پیش بینی کرد. چنین مبارزه ای در اروپا روی سوسک سیب زمینی نیز انجام شده است. درجه حرارت زیاد ممکن است سبب ایجاد خساراتی به گیاهان و جانوران شود.

گیاهان به طرق مختلف با گرمای زیاد مقابله می کنند که عبارت اند از تعرق و تنفس (در صورت وجود آب)، کاهش سطح برگ و سطح روزنه ها و تغییر شکل برگ ها (مثلاً تبدیل شدن برگ به خار و یا ضخیم تر شدن بشره)، توسعه ریشه های عمودی و جانبی، افزایش غلظت شیره گیاهی (مانع تبخیر می شود، پیدایش هورمون های خاصی در اثر غلیظ شدن شیره که سبب به گل رفتن زودتر گیاه می شود)، خزان زودرس و سازگاری آنها.

1. Cardinal temperature

2. Degree day

3. Ceratitis capitata

جانوران نیز به طرق مختلف با گرمای زیاد مقابله می کنند. بعضی از جانوران به وسیله خواب تابستانی با گرما مقابله می کنند. مثلاً لاروهای اسبابک ها و سنجاقک ها در شنزارهای بسیار گرم استرالیا چند ماه گرم را در خواب تابستانی به سر می برند. استفاده از پاهای بلند در حشرات مناطق کویری که در تابستان فعال اند. وجود این پاهای بلند باعث می شود که اولاً بدن با ماسه های گرم و سوزان تماس نداشته باشد و ثانیاً سرعت دویدن شان زیادتر باشد. استفاده از پناهگاه در طول روز و فعالیت در شب. جانوران مناطق کویری روزها در پناهگاه استراحت کرده و شب ها فعالیت می کنند.

سردی هوا هم بر گیاهان و هم بر جانوران تأثیر می گذارد. سرماهای معمولی هر منطقه بر روی موجودات بومی آن منطقه اثرات زیادی ندارد. زیرا موجودات بومی با آنها سازگاری پیدا کرده اند. گاهی در بعضی از سال ها سرما بسیار شدید می شود که به موجودات خسارت می زند.

گیاهان از نظر چگونگی مقاومت در مقابل سرما به گروه های مختلفی تقسیم می شوند که به آنها فرم های حیات^۱ گیاهان می گویند. فرم های حیات گیاهان توسط اکولوژیستی به نام رانکیه^۲ در سال ۱۹۳۴ به صورت زیر پایه گذاری شد:

۱. **تروفیت ها**^۳: گیاهانی هستند که با تولید بذر یا اسپور قبل از فصل زمستان یا (فصل خشک) سازگاری پیدا کرده اند. بذر گیاهان در مقابل سرما مقاوم است و پس از اینکه درجه حرارت محیط مناسب می شود بذرها جوانه زده و گیاه دوره رشدش را ادامه می دهد. اکثراً یک ساله هستند اما برخی از دوساله ای ها که در سال اول تولید برگ و اندام های زیرزمینی و در سال دوم ساقه گل دهنده ایجاد می کنند را نیز شامل می شوند. گاهی به اینها ژئوفیت ها نیز می گویند. مثل علف های هرز یک ساله، کاهو و غیره.

۲. **هیدروفیت ها**^۴: گیاهانی هستند که در آب زندگی می کنند. ریشه هایشان در داخل آب است و جوانه ای که رشد سال بعد را تأمین می کند در طی زمستان در زیر آب می باشد. در نتیجه آب به عنوان عایقی در برابر سرما عمل می کند. مثل نیلوفر، لاله آبی و بسیاری از گیاهان آبی.

۳. **کریپتوفیت ها**^۵ یا **ژئوفیت ها**^۶: گیاهانی می باشند که جوانه انتهایی ساقه شان در داخل خاک قرار گرفته و خاک نقش عایق در برابر سرما را دارد. عموماً گیاهانی هستند که دارای ساقه های زیرزمینی (مثل گیاهان پیازدار) هستند. معمولاً در زمستان هیچ اندامی در سطح خاک ندارند. مثل تلخه، شیرین بیان، لاله، زنبق و گیاهان پیازدار.

۴. **همی کریپتوفیت ها**^۷ یا **همی ژئوفیت ها**^۸: در این گیاهان، جوانه انتهایی درست در سطح خاک قرار گرفته و در نتیجه خاک نمی تواند نقش عایق را داشته باشد. بلکه بقایای گیاهی و گاهی برف نقش عایقی در برابر سرما را به عهده دارد. مثل علف های چمنی چندساله، سرخس های مناطق قطبی، توت فرنگی، مینای چمنی، ماشک، خلر و غیره.

1. Life forms of plants
2. C. Raunkiaer
3. Therophytes
4. Hydrophytes

5. cryptophytes
6. Geophytes
7. Hemicriptophytes
8. Hemigeophytes

۵. کامئوفیت‌ها^۱: گیاهانی هستند که جوانه انتهایشان در ارتفاع بالاتر از سطح خاک تا حداکثر ۳۰-۲۵ سانتی متری واقع شده است. گاهی ممکن است جوانه انتهایی شان توسط برف شدید در زمستان حفظ شود. مثل اسپرس خاردار، کلاه میرحسن یا آکانتولیمون^۲ و غیره.

۶. فانروفیت‌ها^۳: گیاهانی می‌باشند که جوانه انتهایی شان در ارتفاع بیش از ۳۰-۲۵ سانتی متر قرار گرفته است. عمدتاً درخت و درختچه‌ای هستند. جوانه‌های رویشی آنها در مقابل سرما عایقی ندارند. مثل اکثر درختان و درختچه‌های دنیا از قبیل بلوط، راش، زالزالک و غیره.

بین موجودات زنده از نظر رابطه درجه حرارت بدنشان با درجه حرارت محیط تفاوت اساسی وجود دارد. جانوران موجود در اکوسیستم کره زمین در ارتباط با درجه حرارت بدن به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارت اند از:

۱. جانوران خون گرم^۴: جانورانی هستند که درجه حرارت بدنشان با تغییر درجه حرارت محیط تغییر نمی‌کند. سرعت متابولیسم مواد آلی، تنظیم کننده درجه حرارت بدن آنها می‌باشد. به طوری که در محیط‌های سرد سرعت متابولیسم زیاد و در محیط‌های گرم سرعت متابولیسم بدنشان کم می‌شود. عمدتاً شامل پرندگان و پستانداران هستند. آنها به طور اتوماتیک و اساساً فیزیولوژیکی مکانیسم‌هایی دارند که درجه حرارت بدنشان را ثابت نگه داشته و برخلاف تغییرات درجه حرارت محیط، دمای بدن را ثابت نگه می‌دارند.

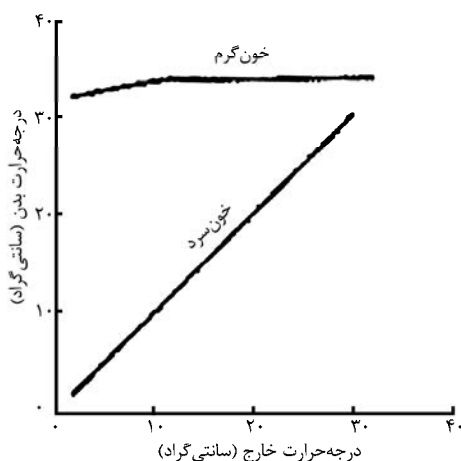
۲. جانوران خون سرد^۵: موجوداتی هستند که درجه حرارت بدن آنها با تغییر درجه حرارت محیط تغییر می‌کند و درجه حرارت بدنشان تابعی از درجه حرارت محیط می‌باشد. مثل ماهی‌ها، غیر مهره‌داران، خزندگان، دوزیستان و غیره.

رابطه موجودات زنده و محیط در موجودات خون گرم و خون سرد بسیار متفاوت است (شکل ۸-۸). با افزایش درجه حرارت محیط دمای بدن موجودات خون سرد افزایش می‌یابد و بنابراین متابولیسم بدنشان افزایش پیدا می‌کند. اما در موجودات خون گرم با افزایش درجه حرارت محیط متابولیسم بدن کاهش می‌یابد. در رابطه با اثر سرما روی مهره‌داران خون گرم خشکی‌ها می‌توان به دو قانون برگمن^۶ و آلن توجه نمود. قانون برگمن می‌گوید که هرچه منطقه سردتر باشد گونه سطح کروی یا گرد به خود می‌گیرد که این باعث کاهش سطح تماس با محیط می‌شود. زیرا در بین اجسام هندسی هم حجم، کره کمترین سطح را دارد. برگمن برای اثبات قانون خودش پنگوئن را مثال می‌زند. قانون آلن بیان می‌دارد که متناسب با افزایش سرمای منطقه اولاً از زوائد بدن کاسته می‌شود و ثانیاً بر ضخامت پوست افزوده می‌شود. به عنوان مثال، روباهای نیمکره شمالی (به طرف قطب) نسبت به روباهای مناطق گرمسیر گوش‌ها و پوزه کوتاهتری دارند و در ببر آسیا هرچه از خلیج بنگال به طرف سیبری می‌رویم ضخامت پوست زیادتر می‌شود.

حشرات از نظر سرما به دو دسته تقسیم می‌شوند:

1. Chamaephytes
2. Acantholimon
3. phanerophytes

4. Homoiotherms or warm-blooded animals
5. Poikilotherms or cold-blooded animals
6. Bergmann



شکل ۸-۸ ارتباط بین میزان متابولیسم (دمای بدن) و درجه حرارت محیط در موجودات خون گرم و خون سرد.

- **حشرات هومودینام:** به حشراتی گفته می شود که تعداد نسل آنها تابع آب و هواست یعنی تعداد نسلشان در سال ثابت نیست. مثل کفشدوزک هفت نقطه ای^۱ که در سرزمین فلسطین سه نسل و در کشورهای شمالی دریای مدیترانه که هوا سردتر می شود دو نسل و در مسکو یک نسل در سال دارد.
- **حشرات هترودینام:** حشراتی هستند که تعداد نسل آنها در سال در تمام نقاط ثابت است.

۳. آب

آب درصد بالایی از بافت های زنده بدن تمام موجودات زنده را تشکیل می دهد. به طوری که بین ۴۰-۶۰٪ وزن تر گیاهان از آب است و در مورد گیاهان علفی این میزان به ۹۰٪ نیز می رسد. وجود آب برای شادابی بافت ها و سلول های گیاهان لازم است. اگر سلولی با کمبود آب مواجه شود پلاسمولیز شده و اگر آب زیاد داشته باشد به حالت تورژسانس در خواهد آمد. آب در انتقال مواد در اندام های مختلف گیاهان اهمیت زیادی دارد و مواد معدنی و آلی را در گیاهان جابه جا می کند. آب از طریق عمل تبخیر باعث سرد شدن پیکر گیاهان شده و از گرم شدن شدید گیاه جلوگیری می کند. به همان دلایلی که گیاهان نیاز به آب دارند حیوانات نیز نیازمند آب هستند. درصد بالایی از بدن حیوانات را آب تشکیل می دهد. برای جریان مواد در بدن نیاز به آب است و برای تنظیم دمای بدن حیوان آب لازم است.

اصولاً مرطوب یا خشک بودن یک محل برای موجودات زنده ای که در آن زندگی می کنند بستگی به دو عامل رطوبت خاک و فشار بخار آب در هوا دارد. فشار بخار آب بستگی به رطوبت، حرارت و باد دارد. با کاهش رطوبت، درجه حرارت بالا و باد بیشتر و منطقه برای موجودات زنده خشکتر می شود.

1. *Coccinella septempunctata*

میزان آب موجود در حجم معینی از هوا را رطوبت مطلق^۱ می‌نامند و درصد رطوبت مطلق را نسبت به حالتی که هوا اشباع از آب باشد در همان درجه حرارت و فشار، رطوبت نسبی^۲ می‌نامند. میزان بخار آبی که هوا می‌تواند در خود نگه دارد با درجه حرارت افزایش می‌یابد. هر فوت مکعب هوا در ۳۰- درجه فارنهایت (۳۴°C) حدود ۰/۱ گرم، در ۴۰ درجه فارنهایت (۴°C) می‌تواند تقریباً ۳ گرم و در ۱۰۰ درجه فارنهایت (۳۸°C) تقریباً ۲۰ گرم بخار آب را در خود نگه دارد. اگر مقدار آب ثابت باشد با کاهش درجه حرارت رطوبت نسبی افزایش و با افزایش درجه حرارت، رطوبت نسبی کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی، گیاهان و جانوران باید از تعادل آبی مناسبی برخوردار باشند. به عبارت دیگر، آنها باید به همان اندازه‌ای که آب از دست می‌دهند یا استفاده می‌کنند به همان اندازه آب جذب کنند. در گیاهان اکوسیستم‌های خشکی، آب از طریق ریشه‌ها از آب خاک جذب می‌شود. گیاه آب را در عمل فتوسنتز استفاده و از طریق تعرق برگ‌ها از دست می‌دهد. ازدست‌دادن آب از تمام سطح برگ صورت نمی‌گیرد بلکه تعرق از روزنه‌های هوایی^۳ موجود در سطح برگ صورت می‌گیرد. در اکثر گیاهان این روزنه‌ها در روز باز و در شب بسته‌اند. همچنین زمانی که تعادل آب به هم خورده و گیاه پژمرده شود نیز روزنه‌ها بسته می‌شوند. کمتر از ۱٪ آب جذب‌شده توسط ریشه‌ها، در عمل فتوسنتز استفاده می‌شود و بقیه در اثر تعرق خارج می‌شود.

در حیوانات منابع کسب آب نسبت به گیاهان پیچیده‌تر است. به‌طور معمول کسب آب در حیوانات از طریق نوشیدن، آب موجود در غذا و آب متابولیک می‌باشد (مولکول‌های آبی که در اثر تجزیه غذا تولید می‌شوند). ازدست‌دادن آب از طریق ادرار، مدفوع و آب تبخیرشده از پوست و ریه‌ها می‌باشد.

اگر در محلی خاک اشباع از آب شود تنفس ریشه‌های گیاهان مختل شده و نیز خاک حالت اسیدی پیدا می‌کند. اگر آب موجود برای نیاز گیاه کافی نباشد، سلول‌های گیاه پلاسمولیز شده و روزنه‌های هوایی بسته می‌شود و اگر بسته‌شدن روزنه طولانی شود، سبب مرگ گیاه خواهد شد. زیرا از همان محلی که تعرق انجام می‌شود (روزنه‌های هوایی)، از همان محل نیز دی‌اکسید کربن و اکسیژن و سایر تبادلات گازی صورت می‌گیرد و بنابراین زمانی که روزنه‌های هوایی بسته شوند این تبادلات نیز قطع می‌شوند. گیاهان ممکن است در طی روز در اثر کمبود موقت آب صدمه ببینند. اما دوباره در شب تعادل آب را به دست آورند. حیوانات نیز ممکن است از کمبود آب در اثر صدمه‌های حاصل از گرمای شدید زیان ببینند. وقتی که یک حیوان با کمبود آب مواجه می‌شود آب بدنش غلیظ شده و جریان خون باعث فشار آوردن به قلب می‌شود. مواد دفعی به مقدار کافی دفع نشده و حتی ممکن است در بدن تجمع پیدا کنند. متابولیسم حیوان کند شده و تحرک مواد در بدن کم می‌شود. در حیوانات خون گرم فقدان آب بر مکانیسم تنظیم حرارت بدن تأثیر می‌گذارد. اگر حرارت از طریق تبخیر دفع نشود حرارت بدن افزایش و در نتیجه موجود زنده از گرمای شدید صدمه خواهد دید.

1. Absolute humidity
2. Relative humidity
3. Air stomata

موجودات زنده را برحسب نیاز آبی شان به گروههای زیر تقسیم می کنند:

۱. موجودات زنده آبی

گیاهان آبی را هیدروفیت‌ها^۱ و جانوران آبی را هیدروفیل‌ها می گویند. گیاهان هیدروفیت گیاهانی هستند که حداقل قسمتی از اندام‌های آنها و قسمتی از مراحل رشدشان را در داخل آب طی می کنند. از جمله گیاهان آبی می توان جلبک‌ها، نیلوفر آبی، برنج و نی‌ها را نام برد و از جمله جانوران آبی می توان ماهی را نام برد. درمورد هیدروفیت‌ها آب مشکلی ندارد بلکه میزان دی اکسیدکربن و اکسیژن کم بوده و مشکل می باشد. زیرا میزان این دو گاز در آب کمتر از هواست. یک برگ آلاله آبی دارای منافذ آزادی به نام لاکونه^۲ در داخل خودش است که دی اکسیدکربن حاصل از تنفس سلولی و اکسیژن حاصل از فتوسنتز در داخل آنها تجمع پیدا کرده و می توانند دوباره وارد چرخه شوند.

۲. موجودات زنده رطوبت‌پسند یا آب‌دوست

درمورد گیاهان رطوبت‌پسند اصطلاح هیگروفیت^۳ و درمورد جانوران رطوبت‌پسند اصطلاح هیگروفیل را به کار می برند. آنها گیاهان یا جانورانی هستند که به رطوبت زیاد نیاز دارند. مثل موز، توسکای قشلاقی، کرم خاکی معمولی، دوزیستان درحالت بلوغ و غیره.

۳. موجودات زنده با نیاز متوسط به آب

به گیاهان این گروه مزوفیت^۴ و به جانوران آن مزوفیل گفته می شود و موجوداتی هستند که در مقادیر متوسط آب رشد می کنند. مثل اکثر گیاهان زراعی و دام‌های اهلی.

۴. موجودات زنده خشکی‌پسند

گیاهان خشکی‌پسند را زیروفیت^۵ و جانوران خشکی‌پسند را زیروفیل می گویند و موجودات زنده‌ای هستند که در خشکی رشد می کنند مثل تاغ، گز، اسکنیل، موش‌های صحرایی و غیره و در موجودات خشکی‌پسند و نیز درمورد مزوفیت‌ها در طی دوره خشکی، حفظ تعادل آب یک مشکل است. انواع متعددی از گیاهان زیروفیت وجود دارند که هر یک به طریقی با خشکی سازگاری پیدا کرده‌اند. گیاه‌شناسان معتقدند که زیروفیت‌های واقعی^۶ گیاهان چندساله و معمولاً درختچه‌ای هستند که برگ‌های کوچک سختی داشته و می توانند میزان ازدست‌دادن آب را زمانی که خاک خشک شود کاهش دهند و نیز برگ‌هایشان را در خشکی ریزش نمایند.

گیاهان گوشتی^۷ نوع دیگری از زیروفیت‌ها هستند، که کاکتوس‌ها نمونه‌هایی از آنها می باشند. آنها بافت‌های آبداری دارند که می توانند در زمانی که آب قابل‌دسترس نباشد آب را ذخیره کنند. بسیاری از گیاهان در روز روزه‌های هوایی شان را می بندند و در شب باز می کنند و سیستم فتوسنتزی CAM را دارند.

1. Hydrophytes
2. Lacunae
3. Hygrophyte
4. Mesophyte

5. Xerophyte
6. True xerophyte
7. Succulents

گیاهان زودگذر بیابانی^۱ گیاهان یک‌ساله‌ای هستند که شباهت زیادی به خویشاوندان مناطق گرمسیری‌شان دارند. آنها وقتی که بارندگی کافی باشد، جوانه زده، رشد کرده، گل داده و به بذر می‌نشینند و می‌میرند. همه این دوره زندگی را در مدت کوتاهی که رطوبت وجود دارد انجام می‌دهند. بذرها، جدیدی که تولید شده‌اند تا زمانی که بارندگی صورت گیرد در خاک مدفون شده و ممکن است تا سال بعد یا تا چند سال بعد که رطوبت کافی باشد به همان صورت باقی بمانند. گروه دیگری از ریزوفیت‌ها، فریتوفیت‌ها^۲ هستند. این گیاهان در بیابان‌ها رشد کرده و ریشه‌های عمیقی داشته که تا سفره‌های آب‌های زیرزمینی پیش می‌روند. بسیاری از ریزوفیت‌ها گیاهان چهارکربنه (C_۴) هستند و بنابراین راندمان استفاده از دی‌اکسید کربن در آنها بالاتر است.

۵. موجودات زنده ترپوفیت^۳ یا ترپوفیل

گیاهان (ترپوفیت) و جانورانی (ترپوفیل) هستند که با تناوب خشکی زیاد و رطوبت زیاد سازگاری دارند. یعنی در قسمتی از سال در خشکی شدید و در قسمت دیگر از سال در رطوبت زیاد به‌سر می‌برند. مثل گیاهان و جانوران ساوان^۴ (ساوان پوشش گیاهی بلندی است که پس از جنگل‌های بارانی استوایی واقع شده‌اند و خزان‌کننده هستند. در این منطقه در یک قسمت از سال بارندگی شدید و در یک قسمت از سال خشکی شدید وجود دارد).

غلظت بالای نمک (کلرید سدیم و غیره) در خاک‌ها مشکلاتی را در گیاهان برای جذب آب کافی به‌وجود می‌آورد. گیاهانی که در خاک‌های شور^۵ می‌رویند هالوفیت‌ها^۶ نامیده می‌شوند. خشکی فیزیولوژیکی^۷ یک مسئله اکولوژیکی است که توسط یک جغرافیدان گیاهی آلمانی به‌نام شیمپر^۸ مطرح گردید. خشکی فیزیولوژیکی حالتی است که در مناطق شور حتی با وجود رطوبت فیزیکی کافی به‌دلیل اینکه پتانسیل اسمزی خاک منفی‌تر از گیاه است، اتفاق می‌افتد.

سازگاری‌های مختلف موجودات زنده در رابطه با آب

(الف) سازگاری گیاهان به زیادی آب

گیاهان به‌طور مختلف با زیادی آب سازگاری پیدا می‌کنند که دو نمونه آن بیان می‌شود:

گیاهان ساحلی آب‌های شور مناطق معتدله قسمت زیادی از سال را در حال غرقاب هستند. اینها عموماً خاصیت زیرومورفی (زیروفیت) را دارند (مثلاً سطح برگ‌ها کوچک و دارای کرک هستند). اگرچه خاصیت زیرومورفی برای اقتصاد آب است اما گیاهان این نواحی غرقاب در آب می‌باشند. این موضوع به‌علت غلظت

1. Desert ephemerals

2. Phreatophytes

3. Tropophyte

4. Savan

5. Saline soils

6. Halophytes

7. Physiological dry

8. A.F.W. schimper

بالای عنصر سدیم است که با کلر تشکیل نمک می‌دهد. اگر گیاهان آب زیادی جذب کنند نمک موجود در آب به بافت‌های گیاه صدمه می‌رساند. به همین جهت گیاه به‌رغم غرقاب‌بودن، آب کمتری جذب می‌کند. در لجن‌زارهای مناطق گرم معمولاً درختانی سبز می‌شوند که عمدتاً به جنس‌های *Avicennia* و *Rhizophora* تعلق دارند. این درختان سه نوع ریشه دارند. یک نوع از ریشه‌ها درخت را در خاک ثابت نگه می‌دارند. نوع دوم از درختان آویزان بوده و اگر به خاک برسند تبدیل به نوع اول می‌شوند. نوع سوم به ریشه‌های دیگر متصل‌اند و در سطح خاک واقع شده‌اند. اینها به ریشه‌های تنفسی معروف‌اند. این ریشه‌ها توخالی بوده و وقتی که منطقه غرقاب است با دمیدن در آب تنفس کرده و حباب‌های ضعیفی حاصل می‌گردد که گاهی همراه با صداهای کوچکی است.

(ب) سازگاری گیاهان به کمبود آب

سازگاری گیاهان به شرایط خشک از دو طریق ممکن است انجام شود که عبارت‌اند از فرار از خشکی^۱ و مقاومت حقیقی در مقابل خشکی. فرار از خشکی ساده‌ترین راه سازگاری به شرایط خشک است. بسیاری از گیاهان کویری که به گیاهان زودگذر موسوم‌اند در ابتدای فصل بارندگی جوانه می‌زنند. این گیاهان دارای دوره رشد بسیار کوتاهی بوده که محدود به دوره بارندگی (یعنی حدود ۶-۵ هفته) می‌باشد. گیاهان زودگذر مکانیسم مشخصی برای مقابله با خشکی ندارند. یعنی هیچ مکانیسمی برای غلبه بر تنش رطوبت نداشته و مقاوم به خشکی نیستند. وجود مواد بازدارنده جوانه‌زنی در بذر این گیاهان به‌عنوان یک دستگاه باران‌سنج داخلی عمل می‌کند که تنها پس از آنکه نزولات آسمانی به‌مقدار کافی جهت شستن این مواد بارید، به بذر اجازه جوانه‌زنی می‌دهند و این مقدار بارندگی که برای شستن مواد بازدارنده جوانه‌زنی بذر لازم است برای تکمیل چرخه زندگی گیاه نیز کافی می‌باشد. یعنی گیاه در طی تکامل به این نتیجه رسیده است که زمانی جوانه بزند که مقدار رطوبت برای تکمیل دوره زندگی‌اش کافی باشد. در بین گیاهان زراعی، قابلیت رسیدن یک رقم قبل از آنکه با خشکی مواجه شود نشان‌دهنده سازگاری آن رقم از نظر رشد برای آن منطقه است (مثلاً نوعی ارزن در عرض مدت ۶۰ روز پس از جوانه‌زنی تولید دانه رسیده می‌کند). گیاهانی که نمی‌توانند از دوره‌های خشکی فرار کنند اساساً به‌دو طریق می‌توانند با خشکی سازگار شوند. به عبارت دیگر، مقاومت به خشکی از دو طریق امکان‌پذیر می‌باشد که عبارت‌اند از اجتناب از خشکی و تحمل خشکی.

اجتناب از تنش عبارت‌است از توانایی گیاه در حفظ بیلان آبی و آماس مناسب سلولی در شرایط کمبود آب. بنابراین، گیاهان با کمک مکانیسم‌های اجتناب، دوره‌های خشکی را بدون اینکه صدمه‌ای بینند پشت سر می‌گذارند. اجتناب از تنش عمدتاً به‌وسیله خصوصیات مورفولوژیکی و آناتومیکی خاص گیاه صورت می‌گیرد. بیلان مناسب آب در شرایط خشک به دو طریق حاصل می‌شود که عبارت‌اند از: ذخیره آب از طریق کاهش تعرق، در قبل و یا به‌محض بروز تنش (که در گیاهان ذخیره‌کننده آب^۲ صورت می‌گیرد) و تسریع جذب آب به‌طوری‌که آب از دست‌رفته مجدداً تأمین شود (که در گیاهان خرج‌کننده آب^۳ انجام می‌شود).

1. Escaping drought

2. Water savers

3. Water spenders

خصوصیات گیاهان ذخیره کننده آب عبارت‌اند از:

۱. گوشتی بودن: گیاهان گوشتی به دلیل ذخیره بیشتر آب در برگ‌های خود قادر به تحمل دوره خشکی می‌باشند.
۲. داشتن مسیر فتوسنتزی CAM^۱: که در اثر آن روزنه‌ها در طول روز بسته بوده و در شب باز می‌باشند. به این ترتیب، تعرق یا اتلاف آب در روز به حداقل خود رسیده و رطوبت در گیاه ذخیره می‌شود.
۳. جلوگیری از تعرق کوتیکولی: که نمونه بارز آن در کاکتوس‌ها دیده می‌شود.
۴. کاهش تعرق از طریق تجمع چربی‌ها در سطح برگ: مثلاً در سویا مشاهده می‌گردد.
۵. افزایش آب پیوندی با ساختن ترکیبات خاص از جمله نپتوزان‌ها.
۶. تولید ریشه‌های سطحی و کم عمق به مقدار زیاد که اصطلاحاً به آنها ریشه‌های بارانی گفته می‌شود.
۷. دارا بودن سیستم فتوسنتزی چهار کربنه: در این سیستم در هر نوبت باز شدن روزنه‌ها ورود دی‌اکسید کربن نسبت به گیاهان سه کربنه بیشتر است و به عبارت دیگر، راندمان مصرف آب در آنها بالاست.
۸. کاهش سطح برگ‌ها و در نتیجه کاهش سطح تعرق کننده گیاه.
۹. خصوصیات مورفولوژیکی برگ‌ها: مثلاً داشتن کوتیکول ضخیم، مومی شدن سطح برگ، وجود خارها و کرک‌ها و کریستالهای نمک و غیره.
۱۰. کاهش تعداد روزنه‌ها و یا قرار گرفتن آنها در فرو رفتگی‌ها یا حفرات روی برگ.

خصوصیات مهم گیاهان خرج کننده آب که سبب اجتناب از تنش می‌شود عبارت‌اند از:

۱. تولید سیستم ریشه‌ای گسترده و عمیق.
 ۲. تجمع در مناطق دارای آب بیشتر.
 ۳. رویش با فواصل نسبتاً زیاد از یکدیگر جهت کاهش رقابت.
 ۴. افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی.
 ۵. توانایی بالای جذب آب از طریق کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌ها.
 ۶. قدرت جذب شبنم.
 ۷. تبدیل شدن از حالت خرج کننده به حالت پس انداز کننده در شرایط خشکی شدید.
- گیاهان تحمل کننده خشکی با کاهش رطوبت محیط آب را از دست داده و واقعاً در معرض پتانسیل کم آب قرار می‌گیرند. ولی به هر حال با صرف هزینه‌های متابولیکی خشکی را تحمل می‌کنند. به طور کلی، گیاهان با به کارگیری مکانیسم‌هایی قادر به تحمل دوره‌های خشکی می‌شوند که مهمترین‌شان عبارت‌اند از:
۱. اجتناب از صدمات ناشی از کاهش رشد: در طی این مکانیسم گیاه با تنظیم پتانسیل اسمزی سلول‌های خود که از طریق تولید اسیدهای آلی یا جذب مواد معدنی از خاک صورت می‌گیرد پتانسیل فشاری سلول‌ها را همواره مثبت نگه داشته و مانع از کاهش رشد و صدمات بعدی ناشی از آن می‌شود.

۲. تحمل درمقابل گرسنگی: که این عمل ازطریق کاهش تنفس و یا جذب آب از سلول‌های اپیدرمی مجاور و بازنگهداشتن سلول‌های روزنه جهت ادامه فتوسنتز صورت می‌گیرد.

۳. اجتناب درمقابل ازبین‌رفتن پروتئین‌ها: که این امر یا ازطریق سنتز مجدد پروتئین و یا به‌وسیله جلوگیری از تخریب آنها میسر می‌شود.

برای مقایسه میزان مقاومت به خشکی در گیاهان از کمیتی موسوم به زمان بقای ویژه^۱ استفاده می‌شود. این کمیت نشانه آن‌است که از زمان انسداد روزنه‌ها در اثر خشکی تا زمان بروز خسارت ناشی از خشکی، گیاه چه مدت قادر به مقاومت می‌باشد. چون بعد از انسداد روزنه‌ها تلفات آب ازطریق تعرق کوتیکولی انجام می‌گیرد، بنابراین زمان بقای ویژه از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\text{زمان بقای ویژه} = \frac{W_{av}}{E_c}$$

که در آن W_{av} مقدار آب قابل استفاده موجود در گیاه بعد از انسداد روزنه‌ها و E_c تعرق کوتیکولی است. زمان بقا بر حسب ساعت یا روز اندازه‌گیری می‌شود. در گیاهانی که به‌محض بروز خشکی بلافاصله روزنه‌های خود را می‌بندند W_{av} بیشتر بوده و زمان بقا طولانی‌تر خواهد بود. زمان بقا همچنین به‌شدت تعرق کوتیکولی و درجه گوشتی‌بودن گیاهان نیز بستگی دارد. این پارامتر میزان موفقیت گیاهان را در مقاومت به خشکی نشان می‌دهد. گیاهان گوشتی معمولاً دارای بیشترین زمان بقا بوده و بعد از انسداد روزنه‌ها در حدود ۱۰۰۰ ساعت بدون اینکه آسیبی بینند مقاومت نشان می‌دهند.

(ج) سازگاری جانوران به زیادی آب

برای جانوران آبی مشکلی که وجود دارد حفظ غلظت اسمزی یا حفظ یک حالت تعادل مناسب نمک می‌باشد. در مورد مهره‌داران دریایی چندان مشکلی وجود ندارد. زیرا که بیشتر آنها دارای یک غلظت نمکی مشابه نمک آب دریا هستند (آنها را ایزوتونیک^۲ نسبت به آب دریا می‌گویند). موجودات زنده آب‌های سبک^۳ اعم از مهره‌داران، ماهی‌ها و دوزیستان، نسبت به آبی که در آن هستند هیپرتونیک^۴ می‌باشند (یعنی دارای غلظت نمک بیشتری از آب هستند) و در نتیجه باید دارای راههایی برای جذب فعال نمک و نیز بازبایی نمک از ادرار قبل از خروج از بدن باشند. مهره‌داران دریایی نسبت به آب دریا هیپوتونیک^۵ می‌باشند (غلظت پایینی از نمک دارند) و بنابراین باید قادر باشند که ادرار غلیظی را برای رهایی از نمک موجود که همراه با دریا و یا غذایی که از آن تغذیه می‌کنند جذب شده، استخراج کنند. آب دریا حدود ۰.۳٪ نمک دارد؛ و ال‌ها می‌توانند ادراری با غلظت بیشتر از این نیز خارج کنند. پرندگان دریایی و خزندگان دارای اندام‌های اضافی

1. Specific survival time

2. Isotonic

3. Fresh-water

4. Hypertonic

5. Hypotonic

هستند که نمک موجود را خارج می‌کنند و این اندام‌ها عبارت‌اند از یک جفت غده بینی که روی سر، درست بالای چشم‌ها قرار گرفته‌اند و در برابر حفره بینی باز می‌شوند. این غده‌ها کلرید سدیم (نمک طعام) را با غلظت حدود ۵٪ می‌توانند ترشح کنند.

(د) سازگاری جانوران به کمبود آب

در جانورانی که در مناطق خشک زندگی می‌کنند دو نوع سازگاری بیشتر مشاهده می‌شود یکی کاهش ازدست‌دادن آب تا حد ممکن و دوم توانایی تحمل ازدست‌دادن آب و تحمل درجه حرارت بالا می‌باشد.

کاهش ازدست‌دادن آب به طرق مختلف صورت می‌گیرد:

۱. عده‌ای از جانوران ادرار خود را به حالت غلیظ و حتی به صورت جامد از بدن دفع می‌کنند. مثل حشرات، نرم‌تنان خاکزی و غیره.

۲. بعضی از جانوران مدفوع خود را به صورت خشک دفع می‌کنند. مثل شتر در مناطق کویری. که این به وسیله جذب مجدد آب در روده و تولید مدفوع هرچه خشک‌تر صورت می‌گیرد.

۳. کاهش ازدست‌دادن آب از ریه‌ها و پوست؛ ازدست‌دادن آب در حیوانات نیز مانند گیاهان (تعرق) یک عمل و یک بلای لازم و غیرقابل اجتناب است. زیرا چنانچه صورت نگیرد دمای بدن افزایش می‌یابد و از طرفی، ازدست‌دادن آب از ریه‌ها همراه با تنفس یک عمل غیرقابل اجتناب می‌باشد. در این رابطه یکی از بهترین اقداماتی که حیوانات می‌توانند انجام دهند شب فعال بودن است. به شرطی که موجود آن‌قدر کوچک باشد که بتواند در طی روز در پناهگاه بماند. زیرا درون پناهگاه سردتر بوده و رطوبت بالاتر است و در نتیجه تبخیر از راه ریه‌ها کمتر صورت می‌گیرد.

۴. در عده‌ای از جانوران غدد مولد عرق کاهش یافته و یا از بین می‌روند و یا به صورت ارادی توسط جانور بسته می‌شوند. مثلاً شتر موقعی که در تنگنا قرار می‌گیرد غدد مولد عرق خود را می‌بندد. نشخوارکنندگان خانواده Antilopidae فاقد غدد مولد عرق هستند.

دومین راه سازگاری جانوران با محیط در مناطق خشک، توانایی تحمل ازدست‌دادن آب و حرارت بالا می‌باشد. شتر می‌تواند هشت روز بدون نوشیدن آب به سرعت راه برود و ازدست‌دادن آب تا ۲۵٪ یا حتی ۴۰٪ وزن بدنشان را به خوبی تحمل می‌کنند. در این رابطه جانوران ممکن است از آب متابولیکی استفاده کنند (مثل شتر و آفات انباری). مثلاً در مورد شتر یک کوهانه^۱ نتایج تحقیقی نشان داد که موقعی که این شتر با کمبود آب مواجه می‌شود اول چربی‌های بدن خود را اکسیده کرده و از آب آن استفاده می‌کند دوم ادرار خود را کاهش می‌دهد و سوم در زمستان که به شتر علف تازه می‌دادند بدون صرف آب تا ۶۰ روز کار می‌کرد و در تابستان با علوفه خشک مقاومت به کم آبی تا دو هفته بوده است و چهارم غدد مولد عرق خود را می‌بندد.

1. Camelus dermedarius

۴. جریان‌های محیطی

منظور از جریان‌های محیطی در خشکی باد و در محیط‌های آبی جریان آب می‌باشد. تفاوت فشار هوا یا درجه حرارت در دو نقطه باعث حرکت هوا و ایجاد باد می‌شود. باد می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای هم به‌طور مستقیم و هم غیرمستقیم بر موجودات زنده داشته باشد. باد نه تنها بر تک‌تک گیاهان بلکه به ترکیب گونه‌ای و عمل اجتماعات نیز تأثیر می‌گذارد. باد موجب انتقال حرارت، رطوبت، خاک، ابر، دانه‌های گرده و گازها می‌گردد. باد همچنین به دلیل نیرویی که همراه دارد می‌تواند باعث خوابیدگی و یا در صورت شدت زیاد شکستگی گیاهان شود. شدیدترین خسارت‌ها در هنگام طوفان‌های شدید مناطق حاره صورت می‌گیرد که عملاً منجر به نابودی کامل گیاهان بزرگ می‌شود. کاهش درجه حرارت گیاه نیز از اثرات دیگر باد است. اثرات فیزیولوژیکی باد عمدتاً شامل افزایش تعرق و همچنین تبخیر از سطح خاک است. باد با جابه‌جا کردن هوای مرطوب اطراف برگ‌ها، تعرق را افزایش داده و با خنک کردن برگ تعرق را کاهش می‌دهد. همچنین لرزش مداوم برگ‌ها در اثر باد ممکن است در بعضی موارد در افزایش تعرق مؤثر باشد. بادهای گرم و خشک ممکن است از طریق بستن روزنه‌های هوایی برگ، حتی در مواردی که رطوبت خاک کافی است بر فتوسنتز اثر سوء بگذارند و در نتیجه تولید را کاهش دهند.

مناطق خشک معمولاً تحت تأثیر بادهایی است که منشأ آنها دریا و کویر می‌باشد. در تابستان مناطق کویری بسیار گرم شده و درجه حرارت آنها افزایش می‌یابد. هوای گرم شده صعود می‌کند و باعث کشش باد از مناطق مجاور می‌گردد. اگر این بادهای در مسیر خود از روی اقیانوس‌ها عبور کنند حاصل رطوبت زیاد می‌شوند این گونه بادهای را بادهای موسمی می‌نامند. در زمستان عکس حالت قبلی روی داده و به علت سرد بودن هوای کویر باد از این مناطق به طرف مناطق گرمتر خواهد وزید. این گونه بادهای در زمستان سرد و خشک و با نزدیک شدن بهار گرم و خشک می‌گردند. بادهای مارماتان و خمسین از این گونه بادهای می‌باشند. بادهای ملایم با تعویض مستمر گاز کربنیک که توسط سطوح برگ جذب می‌شود برای فتوسنتز مفید هستند. این تأثیرات مفید در لایه‌های تحتانی برگ گیاه بیشتر مشهود است.

یکی دیگر از اثرات زیانبار باد، فرسایش بادی خاک است. باد با نیروی مکانیکی خود، ذرات خاک را حمل کرده و در نقطه دیگری بر جای می‌گذارد. شدت فرسایش بادی به اندازه ذرات و قدرت باد و نیز برخی پارامترهای دیگر بستگی دارد. ذرات خاک که به وسیله باد حمل می‌شوند چنانچه در مسیر خود به پوشش‌های گیاهی برخورد کنند باعث بروز صدمات مکانیکی به برگ‌ها و اندام‌های گیاه می‌شود. این صدمات عمدتاً به دلیل ضربه‌های ناشی از برخورد ذرات است که می‌توانند منجر به سوراخ شدن و یا حتی ریزش برگ‌ها گشته و سطح فتوسنتز کننده گیاه را کاهش دهد.

یکی از روش‌های کنترل صدمات باد بر گیاهان استفاده از بادشکن^۱ است. بادشکن هرگونه مانع یا دیواری مشبک و یا ردیف‌هایی از درختان است که در مسیر وزش باد احداث می‌شود تا از سرعت باد

1. Wind breaker

کاسته و اثرات سوء آن را بر گیاهان کاهش دهد. عوامل اصلی مؤثر در جریان هوا در حفاظ بادشکن یا مسافتی که در پناه بادشکن قرار می‌گیرد عبارت‌اند از ارتفاع، طول، شکل، موقعیت و قابلیت نفوذ بادشکن، زاویه وزش باد و زبری سطحی که باد روی آن می‌وزد.

قابلیت نفوذ بادشکن یکی از ویژگی‌های مهم آن در کنترل ذرات باد است و به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که بادشکن‌های با نفوذپذیری در حدود ۵۰-۴۰٪ به‌شرطی که شکاف‌ها به‌طور یکنواخت پراکنده شده باشند، بهترین فرم بادشکن می‌باشند. نفوذپذیری کم بادشکن باعث می‌شود که قسمت اعظم به‌طرف بالا منحرف شده و پس از طی مسافتی به‌طرف پایین آمده و با هوای زیرین به‌صورت تلاطی مخلوط گردد. به‌علاوه، در بادشکن‌های متراکم درمقایسه با انواعی که تراکم متوسط دارند، سرعت باد زودتر به‌حالت اولیه خود باز می‌گردد. بادشکن‌هایی که به‌طور مطلوب طراحی شوند می‌توانند سرعت باد را تا مسافتی در حدود ۲۰ برابر ارتفاع خود بادشکن کاهش دهند. درحالی‌که در بادشکن‌های متراکم سرعت باد در مسافت کمی بعد از عبور از بادشکن به‌مقدار آن در پشت بادشکن خواهد رسید.

در عرض‌های جغرافیایی بالا و متوسط عملکرد مشترک باد و تگرگ باعث تجمع یخ برروی درختان می‌شود که می‌تواند گاهی منجر به سقوط گیاهان گردد. همچنین باد با سرعت زیاد ممکن‌است سبب سردکردن و نفوذ سرما به‌درون بافت‌های گیاهان شده که می‌تواند رشد گیاهان را مختل و یا آنها را به‌طور کلی، از بین ببرد و توزیع گیاهی را در بسترهای سایه محدود کند. در مناطق ساحلی همراه‌بودن باد با گرد نمک‌ها رشد خیلی از گیاهان را محدود کرده به‌طوری‌که تنها به‌مقدار کمی می‌توانند شوری خاک را تحمل کنند.

به‌هرحال، در نقاطی که طوفان‌های زیادی وجود دارد همه نوع گیاه و همه نوع جانور پیدا نمی‌شوند. به‌عنوان مثال، در این مناطق گیاهانی وجود دارند که اولاً کوتاه‌قد هستند و ثانیاً ریشه‌های بسیار عمیق و بسیار قطور دارند و درمورد جانوران، مثلاً پرندگان در مناطق بادخیز نمی‌توانند زندگی کنند.

جریان‌های آبی

جریان‌های آبی نیز برای جانوران آبی می‌تواند عامل محدودکننده باشد. اثرات مستقیم جریان‌های آبی همانند اثرات مستقیم باد می‌باشد که ممکن‌است سبب وارد آمدن صدمات فیزیکی به جانوران آبی شود و از اثرات غیرمستقیم جریان‌های آبی نقش آنها در انتقال مواد غذایی در محیط‌های آبی می‌باشد.

۵. فشار

در اکوسیستم‌های خشکی هرچه به ارتفاع بیشتری از سطح دریا برویم فشار هوا کم می‌شود. فشار جو بر موجودات زنده خشکی از نقطه‌نظر توزیع عمودی موجودات زنده روی کره زمین تأثیر می‌گذارد. نقش فشار در محیط‌های خشکی به‌اندازه محیط‌های آبی نیست. در اکوسیستم‌های آبی به‌ازای افزایش هر ۱۰ متر عمق، فشار وارده بر موجودات زنده به‌میزان یک آتمسفر افزایش می‌یابد. لذا در اعماق اقیانوس‌ها ممکن‌است

فشارهایی در محدوده ۱۰۰۰ آتمسفر وجود داشته باشد که این فشار عظیم مانع از وجود موجودات زنده فراوان در این اعماق می شود. طبیعی است که موجودات کف نشین دریاها را نمی توان به سطح آورد چون این فشار زیاد باید رویشان باشد تا زنده بمانند.

۶. آتش

در نظر عامه مردم، آتش همیشه به عنوان یک عامل مصنوعی مخرب مطرح بوده است که باعث نابودی اکوسیستم ها می شود اما از دید اکولوژیست ها آتش در بسیاری از اکوسیستم های خشکی به عنوان یک عامل اساسی اکولوژیک و جزئی از اقلیم مستولی بر محیط بوده است و آتش به عنوان یک عامل محدودکننده و یا به عنوان تنظیم کننده جمعیت در اکوسیستم های خشکی مطرح است. بنابراین، جامعه های زیستی این عامل را جبران و با آن انطباق حاصل می کنند و از این نظر واکنشی مانند واکنش در برابر درجه حرارت و آب از خود نشان می دهند. بنابراین، اکولوژیست ها معتقدند که آتش را باید مانند سایر عوامل از قبیل درجه حرارت، باران، خاک و غیره یک عامل اکولوژیکی دانسته و آن را مطالعه نمود.

در مناطقی که آتش سوزی عامل مهمی در منطقه محسوب می شود اکولوژیست ها دلایلی به دست آوردند که نشان می دهد که آتش سوزی در گذشته عامل مؤثر شکل گیری جامعه زیستی بوده است و در مناطقی که آتش جزء اقلیم مستولی است، مهمترین عامل در توزیع موجودات زنده آن منطقه به شمار می رود. در این گونه اکوسیستم ها وجود آتش برای بقای گونه های موجودات زنده لازم و ضروری است و اگر به نحوی از آتش جلوگیری شود، ترکیب گونه ای جامعه به طور کلی، دگرگون خواهد شد. مثلاً در مناطقی که آتش سوزی طبیعی روی می دهد، فقط گیاهان مقاوم به آتش سوزی می توانند زنده بمانند. در منطقه ای از آفریقا گیاهان سوزنی برگی که در سطحشان صمغ وجود دارد در مقابل آتش سوزی مقاوم اند. در قسمت خاصی از این منطقه از آتش سوزی های طبیعی به طور مصنوعی جلوگیری کردند و دیدند که سوزنی برگان در آنجا از بین رفتند و گیاهان دیگری غالب شدند و بنابراین ترکیب گونه ای گیاهی آن منطقه دگرگون شد و زمانی که ترکیب پوشش گیاهی تغییر کند ترکیب جانوری منطقه نیز دگرگون خواهد شد.

آتش سوزی با توجه به اثراتی که از خود برجای می گذارد انواع مختلفی دارد که عبارت اند از:

۱. آتش سوزی های سطحی^۱

آتش سوزی هایی هستند که روی سطح زمین اتفاق می افتند و در پی آن بقایای گیاهی و جانوری همراه با بوته ها و درختان کم ارتفاع، که دارای ساقه های ضعیف و باریکی هستند، می سوزند. درختانی که ارتفاع بیشتری دارند و بافت های حفاظتی در ساقه هایشان دارند (مثل کاج و سرو) در این آتش سوزی ها خسارت نمی بینند. آتش سوزی های سطحی چنانچه به طور طبیعی رخ دهند و شرایط اکولوژیکی با آن سازگار باشد دارای فوایدی نیز هستند:

۱. در اثر آن پس مانده‌های گیاهی و جانوری تبدیل به خاکستر شده و امکان بروز آتش‌سوزی‌های تاج را کاهش می‌دهند.

۲. کمک به چرخش سریع مواد می‌نمایند.

۳. برای موجودات اکوسیستم نقش انتخابی و تعیین‌کننده‌ای دارند. مثلاً بذری بعضی از گیاهان به دلیل داشتن پوسته و پوشش سخت در مقابل ورود آب و رشد گیاهچه مقاوم می‌باشد و در نتیجه سبز نمی‌شوند. اما آتش‌سوزی‌های سطحی باعث از بین رفتن این پوسته شده و بذری می‌تواند سبز شود (به‌ویژه در علف‌های هرز). به‌طور کلی، آتش‌سوزی‌های سطحی برخی از موجودات زنده را بیش از موجودات زنده دیگر از بین می‌برد و باعث افزایش موجوداتی می‌شوند که در برابر عامل آتش‌سوزی بردباری زیادی داشته باشند.

۲. آتش‌سوزی‌های زمینی^۱

آنهايي هستند که در خاک سطح الارض و قسمتی از عمق خاک اتفاق می‌افتند. آنها معمولاً فاقد شعله هستند و در بعضی از اکوسیستم‌ها هنگامی که تجمع ماده آلی بسیار فراوان و زیاد باشد زمینه برای این گونه آتش‌سوزی‌ها فراهم می‌شود. آتش‌سوزی‌های زمینی به آهستگی توسعه می‌یابند و از طریق سوزاندن ریشه بعضی از گیاهان تحولی در ارتباط با پوشش گیاهی و جانوری در منطقه ایجاد می‌کنند.

۳. آتش‌سوزی‌های تاج^۲

این نوع آتش‌سوزی‌ها بسیار مخرب هستند و شامل آتش‌سوزی‌های بسیار عظیمی می‌شوند که عمدتاً در اکوسیستم‌های جنگلی با درختان متراکم و انبوه اتفاق می‌افتند. در اثر بروز این نوع آتش‌سوزی قسمت اعظم موجودات زنده از بین رفته و سبب تغییرات اساسی در فون (گونه‌های جانوری) و فلور (گونه‌های گیاهی) منطقه یا اکوسیستم می‌شوند. معمولاً این آتش‌سوزی‌ها وقتی اتفاق می‌افتد که تجمع مواد آلی و پسماندهای گیاهی و جانوری در سطح اکوسیستم خیلی زیاد باشد.

۴. گازهای جوی

هوا بخش اعظمی از کره زمین را فراگرفته است. غیر از بخار آب مقدار گازهای دیگر آتمسفر زمین تقریباً ثابت است. دی‌اکسید کربن، نیتروژن و اکسیژن به دلیل دارا بودن چرخه‌های گازی در اکوسیستم‌های خشکی به‌عنوان عوامل محدودکننده زیاد مطرح نیستند. زیرا غلظت آنها در اکوسیستم‌های مختلف خشکی یکسان است (به‌استثنای حاشیه آتشفشان‌ها و کارخانجات بزرگ به دلیل تولید دی‌اکسید کربن زیاد). افزایش دی‌اکسید کربن محیط باعث افزایش فتوسنتز شده اما از جنبه‌های دیگری مثل آلودگی هوا می‌تواند اثرات منفی داشته باشد.

1. Ground fires

2. Crown-fires

در اکوسیستم‌های آبی شرایط با اکوسیستم‌های خشکی فرق می‌کند. در اکوسیستم‌های آبی غلظت اکسیژن و دی‌اکسید کربن در زمان و مکان متغیر است. مخصوصاً اکسیژن در برکه‌ها و دریاچه‌هایی که از ماده آلی بالایی برخوردارند به‌عنوان مهمترین عامل محدودکننده مطرح می‌شود. با اینکه اکسیژن می‌تواند در آب حل شود و به‌صورت محلول در دسترس هتروتروف‌ها قرار گیرد. اما حلالیت آن تابع عواملی مثل درجه حرارت و میزان املاح آب و غیره می‌باشد. از این گذشته به‌طور کلی، غلظت اکسیژن در خشکی بسیار بیشتر از اکوسیستم آبی است. برای مثال، در یک لیتر هوا حدود ۲۱۰ سانتی متر مکعب اکسیژن یافت می‌شود در صورتی که در یک لیتر آب میزان اکسیژن بین ۹ تا ۱۰ سانتی متر مکعب بیشتر نمی‌باشد. لذا اکسیژن در اکوسیستم‌های آبی محدودکننده‌تر از اکوسیستم‌های خشکی است.

اکسیژن اکوسیستم‌های آبی از دو راه تأمین می‌شود:

۱. نفوذ اکسیژن هوا در آب: که عواملی مثل درجه حرارت و املاح آب در آن تأثیر دارد.

۲. فتوسنتز گیاهان آبرزی: که عواملی مثل شدت و کیفیت نور در آن مؤثر است.

اما دی‌اکسید کربن برخلاف اکسیژن در اکوسیستم‌های خشکی بسیار اندک بوده و در اکوسیستم‌های آبی به‌صورت‌های محلول، اسید کربنیک، بی‌کربنات‌ها و کربنات‌ها وجود دارد. لذا منبع عظیمی از دی‌اکسید کربن را برای موجودات آبرزی فراهم می‌نماید. در این شرایط ممکن است افزایش متناسب دی‌اکسید کربن در اکوسیستم‌های آبی میزان فتوسنتز گیاهان آبرزی را افزایش دهد؛ اما خود زمینه را برای رشد و توسعه بیشتر هتروتروف‌ها مهیا می‌سازد. ولی اگر دی‌اکسید کربن غلظتش از یک حدی در اکوسیستم آبی تجاوز کند باعث مرگ هتروتروف‌ها شده که این مسئله عمده‌تأ ناشی از کمبود اکسیژن در محیط برای هتروتروف‌ها خواهد بود.

عوامل توپوگرافی یا پستی و بلندی

مشخص شده که توپوگرافی بر اجتماعات موجودات زنده تأثیر می‌گذارد. توپوگرافی ممکن است سبب ایجاد تغییراتی در درجه حرارت، رطوبت و فشار گردد. معمولاً با افزایش ارتفاع، به‌ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، درجه حرارت به‌میزان حدود ۰/۵-۰/۶ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد. با افزایش ارتفاع تلاطم بادها بیشتر می‌شود. در ارتفاعات بالا معمولاً میزان نزولات بیشتر از ارتفاعات پایین است. این تغییرات اصلی عوامل اقلیمی سبب لایه‌بندی یا اشکوب‌بندی اکوسیستم‌ها در ارتباط با ارتفاعات مختلف می‌شود.

در ارتفاعات مختلف همچنین کیفیت نور تغییر می‌کند. میزان نور ماورای بنفش موجود در ارتفاعات بالا بیشتر است که این روی گیاهان تأثیر می‌گذارد. این تنوع اقلیمی به‌وجود آمده سبب جابه‌جایی و مهاجرت و پراکندگی گیاهان و جانوران می‌گردد.

جهت شیب زمین در تعیین مقدار انرژی خورشیدی رسیده به سطح زمین اهمیت دارد. جهت شیب به‌خصوص در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا که نور خورشید با زاویه مایل‌تری مخصوصاً در زمستان

می‌تابد، اهمیت خاصی پیدا می‌کند. شیب‌های رو به خورشید گرم‌تر بوده و بیوماس بیشتری از شیب‌هایی که رو به خورشید نیستند فراهم خواهند کرد و در نتیجه تنوع موجودات زنده در شیب‌های مختلف متفاوت خواهد بود. به طوری که در شیب‌های گرم‌تر تنوع گیاهی بیشتر می‌شود. زاویه شیب بر زهکش و ثبات سطح اثر دارد. به طور کلی، شیب‌های تندتر جوامع موجودات زنده متحمل‌تری نسبت به خشکی از شیب‌های ملایم تر دارند. در مناطق کوهستانی شیب‌های تند به شدت ناپایدار بوده و در قسمت‌های پایین شیب‌های تند ممکن است مواد سطحی از توسعه اجتماعات محدود جلوگیری کرده و بنابراین اکوسیستم را در مراحل پله‌ای توالی نگه دارند.

عوامل ادا فیک

عوامل کنترل‌کننده محیطی که به خاک مربوط می‌شوند عوامل ادا فیک نامیده می‌شوند. خاک را می‌توانیم چنین تعریف نماییم؛ لایه هوادیده بالای پوسته زمین که متأثر از گیاهان و حیوانات است. این تعریف نشان‌دهنده روابط نزدیک بین خاک و موجودات زنده است که هر دو متأثر از اثرات اقلیم و توپوگرافی هستند. جدا کردن تأثیر عوامل ادا فیک امر بسیار مشکلی است. زیرا این تأثیر در ارتباط تنگاتنگ با جنبه‌های دیگر بستر زیست است.

مطالعه خاک‌ها را از نظر پیدایش و تکامل و طبقه‌بندی بدون توجه به موارد مصرف خاک پدولوژی می‌گویند. اما ادا فولوژی، خاک را در ارتباط با گیاهان عالی بررسی می‌نماید. در تشکیل خاک هر منطقه‌ای مهمترین عواملی که دخالت دارند عبارت‌اند از (۱) عوامل اقلیمی، (۲) موجودات زنده، (۳) سنگ‌های مادری، (۴) عوامل محلی، و (۵) زمان.

بررسی سیستم خاک از چند نظر حائز اهمیت است:

۱. خاک برای موجودات زنده نقش تکیه‌گاه را دارد: گیاهان باید جهت مقاومت در برابر بادهای شدید به طور محکم در خاک استقرار داشته باشند و خاک محلی است که گیاهان استقرار پیدامی کنند. جانورانی که در نواحی با خاک‌های نرم زندگی می‌کنند با آنهایی که در نواحی با خاک‌های سخت زندگی می‌کنند حداقل از نظر سطح اتکاء متفاوت‌اند.
۲. تأمین آب برای گیاهان: اکثر گیاهان آب را از طریق ریشه‌های خود جذب می‌کنند. بنابراین، خاک باید مقدار آب کافی و نه بیش از حد نیاز گیاه را فراهم نماید.
۳. تأمین مواد غذایی: مواد غذایی معدنی و آلی گیاه از خاک تأمین می‌شود و بنابراین از این نظر نیز خاک می‌تواند یک عامل محدودکننده باشد.
۴. تأمین هوا: خاک‌ها باید به حد کافی هوا داشته باشند تا ریشه‌های گیاهان و موجودات زنده تجزیه‌کننده بتوانند تنفس کنند.

جدول ۴-۸ طبقه‌بندی اندازه ذرات خاک براساس دو سیستم مختلف.

(الف) طبقه‌بندی انجمن بین المللی خاک‌شناسی

ریگ	درشت	ریز	سیلت	رس
	شن			

(ب) طبقه‌بندی وزارت کشاورزی امریکا

ریگ	خیلی درشت	درشت	متوسط	ریز	بسیار ریز	سیلت	رس
	شن						

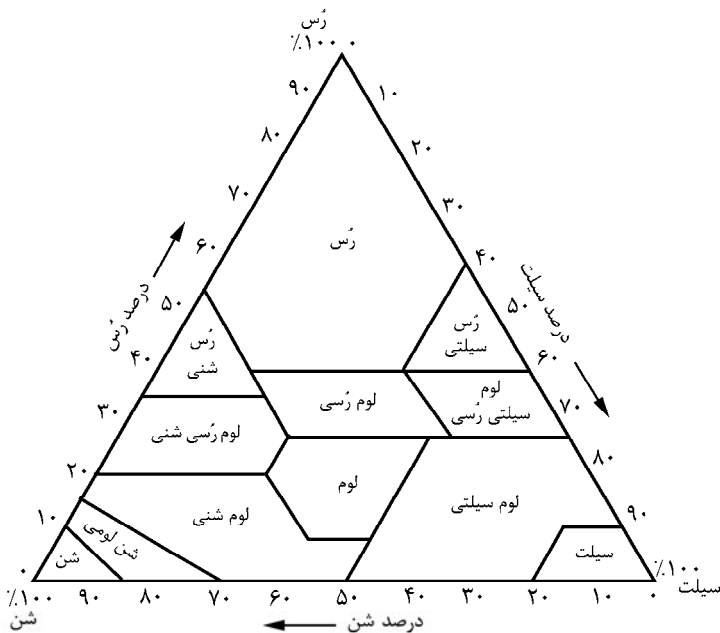
چنانچه در هر کدام از این چهار مورد نامبرده شده تغییری ایجاد شود منجر به محدودیت‌هایی در عمل و توزیع موجودات زنده شده و در نتیجه ساختمان و عمل اکوسیستم تغییر خواهد کرد. نیازهای ادافیک گیاهان برای رشد، بستگی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارند.

خصوصیات فیزیکی

خاک ترکیبی از مواد آلی به دست آمده از بخش زنده اکوسیستم و مواد غیر آلی حاصل از سنگ‌ها طی فرایند هوا دیدگی است. چهار جزء اصلی خاک عبارت انداز: مواد معدنی (۴۵٪)، مواد آلی (۵٪)، آب (۲۵٪) و هوا (۲۵٪). مقدار و اندازه ذرات تشکیل دهنده یک خاک نشان دهنده بافت خاک است که بستگی به نوع سنگی که آنها را ساخته و نیز شدت هوا دیدگی که بر آنها اعمال شده است دارد. اندازه ذرات خاک متفاوت بوده و براساس اندازه‌شان طبقه‌بندی می‌شوند. برای اندازه ذرات، سیستم‌های طبقه‌بندی متفاوت وجود دارد. اما دو نوع از این طبقه‌بندی‌ها بیش از بقیه به کار می‌روند (طبقه‌بندی انجمن بین المللی خاک‌شناسی و طبقه‌بندی وزارت کشاورزی امریکا).

ذرات رس از آن جهت حائز اهمیت هستند که می‌توانند آب و مواد غذایی را در خود نگه دارند. هوموس که با رس ترکیب شود، ترکیب کلوئیدی نسبتاً باثباتی دارد و به آسانی شستشو داده نمی‌شود. بنابراین، رس مهمترین بخش خاک بوده و عامل مهم کنترل کننده حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود. بافت خاک به وسیله نسبت ذرات مختلف موجود در خاک تعیین می‌شود. بافت نه تنها بر سهولت عمل نفوذ ریشه، تهویه و زهکشی تأثیر می‌گذارد بلکه بر ذخیره غذایی و درجه حرارت خاک نیز اثر دارد. انواع متعددی از بافت‌ها می‌توانند از نسبت‌های مختلف ذرات موجود در خاک به وجود آیند (شکل ۱۰-۸).

تعداد و اندازه منافذ و فواصل موجود در خاک در ارتباط با بافت خاک است. شن‌های درشت دارای منافذ زیادی هستند که به آنها منافذ ماکرو می‌گویند؛ هرچند که ممکن است تنها ۴۰٪ حجم خاک را اشغال کنند. در مقابل ذرات رس بسیار نرم و به هم چسبیده دارای منافذ بسیار ریز به نام میکرو می‌باشند. با این حال، ممکن است ۶۰٪ حجم خاک را این منافذ تشکیل دهند.



شکل ۱۰-۸ مثلث بافت خاک.

هوای موجود در منافذ خاک شامل نسبت دی اکسید کربن بیشتری از هوای آزاد است. زیرا که تنفس به وسیله موجودات زنده خاک انجام شده و از طریق عمل فتوسنتز جبران نمی گردد. تبادل گازی بین خاک و هوای آزاد تا حد زیادی بستگی به وجود منافذ دارد. خاک های دارای منافذ ماکرو بهتر از خاک های دارای منافذ میکرو قابل تهویه و زهکشی هستند.

خصوصیات شیمیایی خاک

میزان اسیدیته خاک بستگی به تجمع یون های هیدروژن دارد (یون بخشی از مولکول که دارای بار الکتریکی است می باشد). درجه اسیدیته یا pH خاک از صفر (بسیار اسیدی) تا ۱۴ (حد اکثر قلیایی) متغیر است (جدول ۵-۸). خاک های با اسیدیته در حدود خنثی عموماً بیش از همه برای رشد گیاهان مفیدند. با این حال، برخی از گیاهان تنها محدود به خاک های اسیدی یا قلیایی هستند. گونه هایی که تنها در خاک های قلیایی می رویند مانند گیاهانی که در زمین های پست گچی می رویند Calcicoles نام دارند. همچنین گونه هایی که تنها در خاک های اسیدی می رویند Calcifuges نامیده می شوند.

عوامل متعددی که با هم در ارتباط نیز هستند بر pH خاک تأثیر می گذارند و مهمترینشان شامل عوامل اقلیمی (که از طریق تجزیه و شستشو مؤثرند)، نوع سنگ مادری و نیز رویندگان می باشند. این عوامل میزان چرخه مواد غذایی و طبیعت شیمیایی هوموس را تحت تأثیر قرار می دهند.

جدول ۵-۸ طبقه‌بندی خاک‌ها از نظر اسیدیته.

نوع خاک	اسیدیته
اسیدی قوی	پایین‌تر از ۴
اسیدی متوسط	۵
کمی اسیدی	۶
خنثی	۶.۵-۷
کمی قلیایی	۷-۷.۵
قلیایی متوسط	۸
قلیایی شدید	بیشتر از ۹

محلول خاک دارای نمک‌های معدنی که به‌حالت یون هستند، نیز می‌باشد که ممکن است دارای بار مثبت (کاتیون) و یا دارای بار منفی (آنیون) باشند. ترکیبات رسی و هوموسی دارای بار منفی هستند و بنابراین کاتیون‌ها را (مانند کلسیم، سدیم، منیزیم) جذب و نگهداری می‌کنند. این کاتیون‌ها ممکن است مورد مصرف گیاهان قرار گرفته و یا با کاتیون‌های دیگر تبادل کاتیونی شوند. بعضی از یون‌ها به آسانی تبادل یونی می‌شوند. به‌طور کلی، یون‌های متالیک مانند پتاسیم و سدیم با سهولت بیشتری نسبت به هیدروژن رها می‌شوند. به‌طور کلی، حدود ۲۰ عنصر را شناخته‌اند که برای رشد گیاه لازم‌اند که آنها را به دو دسته زیر تقسیم می‌کنند:

۱. عناصر پرمصرف:

۱-۱ آنهایی که از هوا و آب جذب می‌شوند عبارت‌اند از: کربن، هیدروژن و اکسیژن.

۱-۲ آنهایی که از خاک جذب می‌شوند عبارت‌اند از: نیتروژن، فسفر، پتاس، کلسیم، منیزیم و گوگرد.

۲. عناصر کم‌مصرف: مانند آهن، منگنز، بر، مولیبدن، مس، روی، کلر، سیلیسیم، سدیم، وانادیم و کوبالت می‌باشند.

اسیدیته خاک بر پتانسیل جذب مواد معدنی توسط گیاهان در خاک‌های قلیایی مؤثر است. بعضی مواد معدنی مانند مس، روی و آهن ممکن است غیرمحلول شده و حتی در صورت وجود در خاک توسط گیاه غیرقابل دسترس باشند. آهن و آلومینیوم در شرایط اسیدی بسیار محلول بوده و ممکن است به غلظت سمی برسند. فسفر همراه با این دو ماده معدنی به‌صورت ترکیبات غیرفعال درآمده که نمی‌تواند توسط گیاهان استفاده شود. این محدودیت‌ها بر توزیع گیاهان تأثیر می‌گذارد.

غلظت زیاد نمک (کلرید سدیم) در سه مورد اصلی دیده می‌شود:

اول: در مناطق ساحلی مانند مانداب‌های نمک.

دوم: در مناطقی که آب زهکش‌ها به آنجا منتقل می‌شود.

سوم: در مناطق خشک که نزولات برای شستشوی نمک خاک کافی نیست.

جدول ۶-۸ مقایسه خاک‌های شنی، لومی و رسی از نظر میزان آب خاک.

نوع خاک	ظرفیت نگهداری	مصرف گیاه	تبخیر	آب هیگروسکوپی
شنی	۱۰-۵٪	تقریباً همه یا بیشتر آب	فوق العاده کم	فوق العاده ناچیز
لومی	۲۰-۱۰٪	مشابه خاک رسی	کمتر از خاک رسی	کمتر از نصف آب نگهداری
رسی	۴۰-۲۰٪	۵-۱۰٪	۵-۱۰٪	۲۰-۱۰٪

خاک‌های دارای نمک سدیم زیاد معمولاً جزء خاک‌های شور و قلیایی تقسیم‌بندی می‌شوند؛ به طوری که در خاک‌های شور، pH در حدود زیر ۸٫۶ و مقدار سدیم قابل تبادل کمتر از ۱۵٪ است و در خاک‌های قلیایی، pH بین ۸٫۶ و ۱۰ و مقدار سدیم قابل تبادل بیشتر از ۱۵٪ می‌باشد.

آب خاک

آب موجود در خاک به سه فرم دیده می‌شود:

(الف) آب هیگروسکوپی^۱: به صورت لایه نازکی توسط کشش سطحی در روی ذرات خاک وجود دارد. آب هیگروسکوپی عموماً غیر قابل استفاده گیاهان است.

(ب) آب کاپیلاری^۲: آب موجود در لایه‌های ضخیم‌تر و منافذ درشت‌تر خاک آب کاپیلاری است که قادر به حرکت آهسته‌ای در خاک می‌باشد. مقدار آب هیگروسکوپی و کاپیلاری که می‌تواند در خاک نگهداری شود بستگی به بافت خاک دارد. خاک‌های با ذرات ریز ظرفیت بیشتری برای نگهداری آب از خاک‌های با ذرات درشت دارند. به طور مشابه آب در خاک‌های رسی بیشتر از خاک‌های لومی و شنی می‌تواند به صورت کاپیلاریته حرکت کند. آب کاپیلاریته منبع اصلی آب برای گیاهان است.

خاک‌های شنی دارای ۱۰-۵٪ ظرفیت نگهداری هستند. یعنی هر ۹۵-۹۰ گرم خاک ۱۰-۵ گرم آب نگه می‌دارد و خاک‌های لومی دارای ۲۰-۱۰٪ ظرفیت نگهداری می‌باشند و خاک‌های رسی ۴۰-۲۰٪ ظرفیت نگهداری دارند. این آب نگهداری شده ممکن است به مصرف گیاهان، تبخیر و یا به صورت آب هیگروسکوپی در بین ذرات خاک نگهداری شود.

بنابراین در منطقه‌ای که آب و هوا عامل محدودکننده نباشد بافت‌های رسی بهتر بوده و در منطقه‌ای که آب عامل محدودکننده باشد خاک شنی بهتر است.

(ج) آب ثقلی^۳: وقتی که خاک دارای حداکثر مقدار آبی است که می‌تواند توسط کشش سطحی و کوهیژن روی ذرات خاک نگهداری شود به آن ظرفیت زراعی^۴ می‌گویند. آب بیش از مقدار ظرفیت زراعی توسط نیروی جاذبه به سمت پایین خاک کشیده می‌شود که به آن آب ثقلی^۴ گفته می‌شود. آب ثقلی به طور

1. Hygroscopic
2. Capillary
3. Field-capacity
4. Gravitational-water

جدول ۷-۸ نمونه‌ای از یک پروفیل خاک بالغ.

ویژگی پروفیل	نام پروفیل
مواد آلی فسادنیافته	O _۱
مواد آلی فساد یافته	O _۲
تیره رنگ، شسته نشده و دارای مواد آلی زیاد است.	A _۱
رنگ روشن، شستشویافته و با مواد آلی کم	A _۲
حد واسط	A _۳
حد واسط	B _۱
حداکثر تجمع مواد	B _۲
حد واسط	B _۳
سنگ مادری	C
سنگ بستر	R

آزاد حرکت کرده و مقدارش بسته به اندازه و تعداد منافذ ماکروخاک متفاوت خواهد بود. بنابراین، شن زودتر از رس زهکش خواهد شد. اگر آب ثقلی نتواند خارج شود منافذ هوا را اشغال نموده و خاک به صورت اشباع از آب خواهد بود. آب ثقلی مواد غذایی خاک را در اثر شستشو انتقال خواهد داد.

پروفیل خاک

در خاک‌هایی که بالغ شده‌اند اگر برش عمودی ایجاد کنیم لایه‌هایی دیده می‌شوند که به این برش پروفیل خاک می‌گویند. به عبارت دیگر، بخش عمودی کل خاک پروفیل آن است. معمولاً هر خاکی دارای لایه‌های خاص یا افق‌هایی^۱ در پروفیل خود می‌باشد که معمولاً این افق‌ها را با حروف بزرگ الفبا نامگذاری می‌کنند. افق A: در معرض هوادیدگی بوده و دارای درصد نسبتاً بالایی از مواد آلی است.

افق C: سنگ مادر بوده و ناحیه‌ای است که حداقل هوادیدگی در آن صورت گرفته است.

افق B: حد واسط بین A و C است.

افق R سنگ بستر است. افق A ممکن است به وسیله افق O (مواد آلی) در سطح پوشیده شده باشد. هر کدام از این افق‌ها ممکن است دارای لایه‌های مختلفی باشد. مثلاً در جدول ۷-۸ پروفیل یک خاک که دارای لایه‌های متعددی است نشان داده شده است.

لایه A را لایه سطح الارض و لایه B را تحت الارض نیز می‌گویند. ضخامت هر کدام از افق‌ها یا لایه‌های موجود در پروفیل خاک متفاوت است و حتی بسیاری از خاک‌ها ممکن است بعضی از لایه‌ها را نداشته و یا لایه‌های اضافی داشته باشند.

جدول ۸-۸ گروه‌های عمده خاک‌ها برطبق رده‌بندی وزارت کشاورزی امریکا.

طبقه	توصیف
Entisols	خاک‌های معدنی بسیار جوان
Vertisols	خاک‌های رسی معکوس و به هم خورده
Inceptisols	خاک‌های جوان با افق‌های با توسعه بسیار کم
Aridisols	خاک‌های شور و قلیایی بیابان‌ها
Mollisols	خاک‌های نرم با لایه سطحی بسیار ضخیم غنی از مواد آلی
Spodosols	خاک‌های اسیدی شسته‌شده‌ای که دارای افق B هستند.
Alfisols	خاک‌های دارای اسیدیته کم یا کاملاً شسته شده با افق‌های B و دارای مقدار رس زیاد
Ultisols	خاک‌هایی که عمیقاً هوازدگی داشته و اسید آنها شسته شده.
Oxisols	خاک‌هایی که بسیار عمیق هوا دیده شده و عمیقاً نیز شسته شده‌اند.
Histosols	خاک‌های آلی

کوشش‌های زیر برای طبقه‌بندی خاک‌ها انجام شده است. با این حال، طراحی سیستمی برای طبقه‌بندی که دربرگیرنده متغیرهای خاک باشد بسیارمشکل است. دو روش اساسی که بیشتر استفاده می‌شوند عبارت‌اند از:

(الف) سیستم ناحیه‌ای: خاک‌ها را براساس منشأ فرضی درارتباط با مناطق اقلیمی وسیع طبقه‌بندی می‌کنند. خاک‌های منطقه‌ای دارای پروفیل توسعه‌یافته‌ای بوده و نشانگر تأثیر اقلیم در تشکیل آنهاست. عوامل محلی ممکن است تنها تغییرات کمی در خاک منطقه‌ای ایجاد کنند. این تغییرات به شکل پیشرفته را خاک‌های درون منطقه‌ای می‌گویند. خاک‌هایی که چندان توسعه‌ای نیافته‌اند و یا هنوز بالغ نشده‌اند را خاک‌های Azonal می‌گویند.

اگرچه سیستم منطقه‌ای سیستمی ساده و مفید برای توصیف خاک‌های کره زمین است، اما دارای نقایصی می‌باشد. یک نوع خاک منطقه‌ای ممکن است در بیش از یک اقلیم یافت شود. همچنین پروفیل خاک ممکن است تابع اقلیم موجود نباشد. در برخی موارد خاک‌ها دارای ویژگی‌های اثری از دوره‌های اقلیمی گذشته می‌باشند.

(ب) سیستم‌هایی که براساس خواص خاک، خاک‌ها طبقه‌بندی می‌شوند: تاکنون چندین سیستم برای طبقه‌بندی خاک‌ها براساس ویژگی‌های قابل‌رؤیتشان و منشأهای فرضیشان شناخته شده است. مثلاً وزارت کشاورزی امریکا طرحی را برای نامگذاری خاک‌ها ارائه کرده است (جدول ۸-۸). عیب این سیستم این است که برای طبقه‌بندی نیاز به تعیین خصوصیات آزمایشگاهی دقیقی است.

عوامل زیستی

مجموعه واکنش‌هایی را که موجودات زنده به‌طور مستقیم بر روی یکدیگر اعمال می‌کنند یا مجموعه روابط موجودات زنده را تحت‌عنوان عوامل زیستی موردبررسی قرار می‌دهند. این روابط یا واکنش‌ها را می‌توان به دو دسته روابط همگن و روابط ناهمگن تقسیم نمود. روابط همگن واکنش‌هایی هستند که در درون یک گونه یا بین افراد یک گونه (در داخل جمعیت) وجوددارند و روابط ناهمگن آنهایی هستند که بین افراد گونه‌های مختلف مشاهده می‌شوند. بررسی انواع روابط ناهمگن در فصل ۹ کتاب آورده شده است. در مباحث اکولوژیکی روابط همگن بین افراد، موارد زیر بیشتر موردبررسی قرار می‌گیرند: (۱) اثر گروه، (۲) اثر توده، (۳) رقابت درون‌گونه‌ای و (۴) روابط شیمیایی بین افراد گونه.

اثر گروه

در رابطه با اثر گروه عمدتاً سه موضوع موردتوجه هستند که عبارت‌انداز: زادآوری (تولیدمثل)، همیاری (اتحاد) و پدیده حالات یا چندشکلی.

تولیدمثل یا زادآوری مربوط به اثر گروه، در بسیاری از راسته‌های مهره‌داران و حشرات شناخته شده است و درمورد جانورانی موردبحث قرار می‌گیرد که برای تولیدمثل حداقل تعدادی افراد باید وجود داشته باشند. به عبارت دیگر، اگر تعداد نفرات جمعیت آنها کمتر از حد معینی باشد عمل تولیدمثل متوقف می‌شود. مثلاً درمورد پرندگان ماهی‌خوار سواحل پرو^۱ تحقیقات نشان داده که اگر تعداد پرندگان در هر دسته از ۱۰۰۰۰ قطعه و تراکم آشیانه‌ها از ۳ آشیانه در هر مترمربع کمتر باشد، تولیدمثل این پرندگان با خطر مواجه شده و این پرندگان نمی‌توانند اقدام به جفت‌یابی کنند و بنابراین از تولیدمثل باز می‌مانند. کبوتران بزرگی که معروف به کبوتران مهاجر بودند در اوایل قرن بیستم تعدادشان یک میلیارد پرنده بوده ولی در اثر شکار بی‌رویه به سرعت تعدادشان کاهش یافت و در اکثر کشورها برای حفظ بقای نسل این پرنده اقدام به ممنوع کردن شکار این پرنده نمودند. اما چون زمانی این اقدام صورت گرفته بود که تعدادشان پایتتر از حداقل لازم شده بود نسل این پرنده منقرض شد. تعداد حداقل موردنیاز در بین موجودات زنده مختلف، متفاوت است. مثلاً حداقل جمعیت برای تولیدمثل درمورد فیل‌های آفریقا ۲۵ رأس و درمورد گوزن‌های آفریقا ۳۰۰ رأس است. در بحث همیاری دو مسئله موردتوجه قرار می‌گیرد: یکی همیاری به‌خاطر پیدا کردن غذا و دیگری همیاری برای مبارزه با دشمنان طبیعی می‌باشد. مثلاً درمورد همیاری به‌خاطر جستجوی غذا می‌توان گرگ‌ها، سگ‌های وحشی آفریقا و کفتارهای آفریقا را نام برد و درمورد همیاری به‌خاطر مبارزه با دشمنان طبیعی، می‌توان گاوهای وحشی را مثال زد. این گاوها وقتی احساس خطر می‌کنند به‌صورت دایره‌وار دور هم جمع شده به‌طوری که سرگاوها به‌طرف بیرون دایره و دم به‌طرف مرکز دایره قرار می‌گیرد و بدین ترتیب با همیاری خودشان را حفظ می‌کنند.

1. Phalacrocrax bougainvilliei

در رابطه با پدیده حالات یا چندشکلی می توان ملخ های مهاجر با نام های علمی *Locusta migratoria* و *Schistocerca gregaria* را مثال زد. لاروهای این ملخ وقتی به صورت انفرادی هستند سبز رنگ بوده و تنبل و کم اشتها و کم تحرک هستند. ولی وقتی که این لاروها به حالت گروهی درمی آیند تغییر شکل داده و نوارهای نارنجی و سیاه رنگی روی رنگ سبز پیدا شده و بسیار پر خور و متحرک می شوند. همچنین دیابوز که در حالت انفرادی دیده می شده در حالت گروهی دیده نمی شود. حشره کامل در حالت انفرادی و گروهی اختلافات ظاهری و رفتاری زیاد دارند و در حالت گروهی قدرت پرواز زیادی دارند.

اثر توده

در مورد اثر گروه دیدیم که اثر گروه عموماً به نفع موجود زنده است ولی اثر توده برعکس عموماً به ضرر موجود زنده است. تراکم جمعیت یعنی تعداد افراد در واحد سطح دارای یک حد مطلوبی است که در این حد تعداد تخم های گذاشته شده به حداکثر می رسد و جمعیت در حالت مطلوبی به سر می برد (اثر گروه). اما از این حد مطلوب اگر تعداد افراد جمعیت بیشتر شوند ممکن است در اثر فضولات ترشحات مختلف افراد توده آشفته گی هایی مثل کاهش قدرت باروری، طولانی شدن دوره لاروی و هم خواری (کانیالیسم) به وقوع بپیوندد. مثلاً در مورد سرخرطومی گندم^۱ چنانچه به ازای هر ۲۰۰ دانه گندم فقط یک عدد سرخرطومی گندم وجود داشته باشد تراکم در حد مطلوبی است. ولی اگر این تناسب به هم بخورد یعنی مثلاً به ازای هر ۲۰۰ دانه گندم بیش از یک سرخرطومی باشد افراد نر حشره تخم ها را خورده و از بین می برند. در مورد شپشه آرد^۲ در یک آزمایش به ازای هر یک گرم آرد ۱/۲۵ عدد شپشه وجود داشته است و این آزمایش نشان داده که در این تراکم، ۷/۷٪ تخم ها به وسیله افراد نر خورده می شود.

رقابت درون گونه ای

در رقابت درون گونه ای سه موضوع تعیین قلمرو به هنگام تولیدمثل، تداخل نسل های مختلف در یک محیط زیست و رقابت درون گونه ای در گیاهان، بیشتر مورد بحث است.

تعیین قلمرو به هنگام تولیدمثل بیشتر در مورد پرندگان بررسی شده است که در موقع جفت گیری پرنده قلمرویی را برای خودش تعیین می کند به طوری که سایر افراد آن گونه حق ورود به این قلمرو را ندارند و بررسی نشان داده که در صورت تجاوز بین جفت اصلی و متجاوز جنگ در گرفته و معمولاً جفت اصلی پیروز می شود.

در رابطه با تداخل نسل های مختلف اگر کرم سفید ریشه^۳ را در نظر بگیریم که دارای ۳ سن لاروی است و هر سن لاروی یک سال به طول می انجامد. در یک محیط ممکن است سن ۱، سن ۲ و سن ۳ را داشته باشیم. در نتیجه این نسل های مختلف با هم تداخل خواهند کرد. در این حالت لاروهای سن ۳ چنانچه در مسیر

1. Sitophilus granarius
2. Tribolium confusum
3. Melolontha melelantha

حرکتشان به لاروهای سن ۱ و ۲ برخورد کنند آنها را می‌کشند. همین کار را لاروهای سن ۲ درمورد سن ۱ انجام می‌دهند. در اثر این عمل نسل‌های ضعیف از بین رفته و نسل‌های قوی باقی می‌مانند و به‌خاطر همین است که حشره‌های کامل کرم سفید ریشه هر سه سال یک‌بار به‌پرواز درمی‌آیند.

در رقابت درون‌گونه‌ای^۱ ممکن است رقابت بین افراد یا گیاهان یک گونه باشد که در این صورت آن‌را رقابت بین گیاهان یک گونه^۲ می‌گویند و ممکن است رقابت در درون یک گیاه^۳ باشد یعنی بین اندام‌های مختلف یک گیاه در کسب آب، مواد غذایی و سایر منابع رشد رقابت وجود داشته باشد. با افزایش تراکم بیوماس هر فرد (هر گیاه) کاهش می‌یابد. یعنی بین بیوماس فردی و تراکم نسبت عکس وجود دارد اما بین بیوماس در واحد سطح (بیوماس جمعیت) و تراکم تا حدی رابطه مستقیم وجود دارد و در تراکمی به‌حداکثر می‌رسد که تراکم مطلوب نام دارد؛ اگر تراکم از حد مطلوب بیشتر شود به‌دلیل محدودیت منابع افراد با همدیگر در کسب منابع رقابت کرده و عملکرد کلی کاهش می‌یابد.

روابط شیمیایی بین افراد یک گونه

در بین افراد یک گونه ممکن است مواد شیمیایی رها شوند که بر روابط بین افراد آن جمعیت اثر داشته باشند. به‌عنوان مثال، فرومون‌ها نوعی مواد شیمیایی هستند که فاقد ارزش غذایی بوده و فقط به‌منظور جذب جنس مخالف، تعیین مسیر و اعلام خطر از حشره خارج می‌شود و در تجمع یا پراکندگی افراد مؤثر واقع می‌شوند. از فرومون‌ها برای ساختن تله‌های فرومونی و مبارزه با آفات استفاده می‌شود.

1. Interspecific competition
2. Interplant competition
3. Intra-plant competition

اکولوژی جمعیت

مقدمه و تعریف

واژه جمعیت^۱ از کلمه لاتین پوپولوس^۲ به معنی مردم مشتق شده است. جمعیت عبارت است از مجموعه‌ای از افراد موجودات زنده متعلق به یک گونه یا متعلق به گروهی از افراد که بتوانند با هم تبادل ژنتیکی داشته و فضای مشخصی را در یک محدوده جغرافیایی معین اشغال کرده باشند. به عبارت دیگر، جمعیت گروهی از موجودات زنده متعلق به یک گونه است که منطقه خاصی را در یک زمان معین اشغال کرده باشند. مجموعه جمعیت‌هایی که در یک اکوسیستم یا مکان مشخصی زندگی می‌کنند جامعه^۳ یا اجتماع نامیده می‌شوند. اکولوژی جمعیت و جامعه یکی از مهمترین مباحث اکولوژی مدرن است.

اگرچه جمعیت از مجموعه‌ای از افراد تشکیل شده ولی معمولاً دارای خصوصیات است که ممکن است در تک تک افراد جمعیت مشاهده نشود. به عنوان مثال، گفته می‌شود که جمعیت دارای استخر ژنی^۴ است که عبارت است از کلیه خصوصیات ژنتیکی یک جمعیت؛ در صورتی که در هر فرد نمی‌توانیم بگوییم استخر ژنی وجود دارد. افراد موجود در یک جمعیت ممکن است مذکر و یا مؤنث باشند، در صورتی که جمعیت دارای ترکیب گروه‌های سنی و جنسی است.

یکی از ویژگی‌های مهم تمام جمعیت‌ها، اندازه یا تراکم^۵ آن است که مطالعه آن از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا نحوه عمل اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تراکم از پارامترهای زاد و ولد^۶، مرگ و میر^۷، مهاجرت به داخل^۸ و مهاجرت به خارج^۹ تأثیر می‌پذیرد. این پارامترها به نوبه خود به وسیله عواملی مثل ساختمان سنی^{۱۰}، نسبت‌های جنسی^{۱۱} و الگوی توزیع^{۱۲} متأثر می‌شوند. این ویژگی‌ها، اکولوژیست‌ها را قادر می‌سازد که سازمان و ساختار جمعیت را بشناسند.

1. population
2. Populus
3. Community
4. Gene pool
5. Density
6. Natality

7. Mortality
8. Immigration
9. Emigration
10. Age structure
11. Sex ratios
12. Pattern of distribution

جدول ۹-۱ دامنه تراکم جمعیت در پستانداران مختلف در بسترهای زیستی مطلوب آنها.

نوع پستاندار	تراکم خام به صورت بیوماس (kg/ha)
گوزن (شاخ و برگ خوار)	۱/۱ - ۱/۵
سنجاب (میوه و دانه خوار)	۱/۱ - ۵/۰
روباه (همه چیز خوار)	۰/۰۲ - ۰/۰۹
راسو (گوشت خوار)	۰/۰۰۱ - ۰/۰۰۸

تراکم جمعیت

تراکم عبارت است از تعداد افراد یا وزن بیوماس در واحد سطح یا حجم. مانند تعداد درخت در هکتار، تعداد خرگوش در مترمربع و یا وزن دیاتومه‌ها در یک مترمکعب آب.

دو نوع تراکم جمعیت وجود دارد که عبارت‌اند از تراکم ناخالص یا تراکم خام^۱ و تراکم خالص یا تراکم اکولوژیکی^۲ که گاهی تراکم اقتصادی^۳ نیز نامیده می‌شود. تراکم ناخالص یا خام عبارت است از اندازه تعداد واقعی یا بیوماس یک جمعیت در واحد فضا؛ مثلاً اگر ۷۰ سنجاب در هکتار. تراکم خالص یا اکولوژیکی عبارت است از تعداد یا بیوماس، در واحد فضای زیست؛ مثلاً اگر ۷۰ سنجاب در هکتار در یک جنگل کوچک که به وسیله مزارع احاطه شده زندگی می‌کنند، تراکم اکولوژیکی بسیار بیشتر از تراکم خام می‌باشد. تراکم اکولوژیکی برخی از نقص‌هایی را که ناشی از پراکندگی نامنظم جمعیت است ندارد.

تراکم مثل بسیاری از صفات دیگر جمعیت به شدت تغییرپذیر است. تراکم در ارتباط با اندازه موجودات زنده و موقعیت آن در زنجیره غذایی است. از آنجایی که پراکندگی انرژی به طرف انتهای زنجیره غذایی بیشتر می‌شود در نتیجه برای تأمین بیوماس در سطوح غذایی پایین بیشتر از سطوح غذایی بالاتر، انرژی در دسترس خواهد بود. بنابراین، تراکم در جمعیت علفخواران بیشتر از تراکم جمعیت گوشتخواران خواهد بود (جدول ۹-۱). در همین رابطه دامنه بستر زیست موجودات زنده به طرف سطوح غذایی بالاتر اکوسیستم روبه افزایش است. صیادان بیش از علفخواران نیاز به بسترهای بزرگتری برای یافتن غذای کافی دارند. تراکم جمعیت در یک سطح غذایی تا حدی بستگی به اندازه فیزیکی بدن دارد و بیوماس هر چه به انتهای زنجیره غذایی اصلی پیش می‌رویم معمولاً در واحدهای بزرگتری ذخیره می‌شود و به همان شکل گونه‌هایی که دارای بدن بزرگتری هستند از تراکم کمتری نسبت به گونه‌های کوچک اندام برخوردارند.

تغییرپذیری جمعیت نامحدود نیست و برای جمعیت هر گونه‌ای در مدت زمان فرضی در طبیعت، حد بالا و پایینی وجود دارد. حداکثر تراکم یا حد بالایی یا سطح مجانب بالایی^۴ حداکثر تعداد حیوانی است که

1. Crude density
2. Ecological density
3. Economic density
4. Upper asymptote level

می‌تواند به وسیله بستر زیست تأمین شوند. این حد بالایی تراکم هر جمعیت با جریان انرژی در اکوسیستم (تولید)، سطح غذایی که جمعیت مزبور به آن تعلق دارد و نیز اندازه و نسبت سوخت و ساز جمعیت بستگی دارد. حد پایینی یا سطح مجانب پایینی^۱ حداقل تعداد حیوان مورد نیاز برای تولید مثل جهت جبران مرگ و میر جمعیت است. اگر تراکم خیلی کم شود میزان تولید مثل کاهش می‌یابد و این امر به خاطر آن است که نه تنها یافتن جفت مشکل تر می‌شود بلکه حیوانات نیز نسبت به تولید مثل بی توجه تر می‌شوند. عواملی که حد پایینی را کنترل می‌کنند به طور دقیقی مشخص نمی‌باشند. اما حداقل در اکوسیستم‌های پایدار، تراکم موجود زنده غالب بر اثر مکانیسم‌های ثابت در محدوده معینی نگه داشته می‌شوند.

برای تعیین تراکم جمعیت از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که برخی از آنها عبارت‌اند از:

۱. شمارش کلی^۲

در موجوداتی که جثه بزرگی دارند و در دسته‌های مجتمع مشخصی زندگی می‌کنند امکان پذیر است. مثل پنگوئن‌ها در محل لانه‌سازی و یا گله گوزن‌های قطبی در هنگام مهاجرت که همگی با هم حرکت می‌کنند. همچنین در مورد جوامع انسانی از این روش استفاده می‌شود.

۲. روش‌های نمونه‌برداری^۳

در این روش نمونه‌برداری تعداد افراد را تنها در بخش کوچکی از جمعیت می‌شمارند و سپس کل جمعیت را برآورد می‌نمایند. به عنوان مثال، در کشاورزی در خیلی از موارد لازم است که نمونه‌ای از جمعیت آفت موجود را از مزرعه جمع‌آوری و تراکم آفت را برآورد نمود. دقت^۴ نمونه‌برداری یا میزان دقیق بودن برآورد میانگین جمعیت براساس نمونه گرفته شده از اهمیت زیادی برخوردار است. هیچ وقت جمعیت واقعی را نخواهیم دانست مگر آنکه کل جمعیت شمارش شوند؛ در نتیجه زمانی که امکان شمارش کل جمعیت وجود ندارد دقیق بودن نمونه برداشت شده که معیار برآورد جمعیت خواهد بود و براساس آن کلیه برنامه‌ریزی‌های بعدی پایه‌گذاری خواهد شد از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. برای به دست آوردن نمونه شاخص و دقیق، روش و ابزار نمونه‌برداری باید با دقت انتخاب گردند. مهمترین روش‌های نمونه‌برداری عبارت‌اند از:

(الف) استفاده از کوادرات^۵. تعداد یا وزن کل افراد را در یک یا چند کوادراتی که به طور تصادفی در منطقه مشخصی قرار داده شده محاسبه کرده و سپس نتایج را در کل منطقه تعمیم می‌دهند. کوادرات یک سطح نمونه‌برداری است که ممکن است به شکل‌ها و ابعاد مختلفی ساخته شود. کوادرات‌هایی که در مطالعات اکولوژی استفاده می‌شوند، چهار گوش یا دایره‌ای هستند. مثلاً اگر در نمونه‌گیری از ۰/۰۱ مترمربع خاکی تعداد ۱۹ عدد از گونه‌ای سوسک را شمارش نمایند در یک مترمربع از سطح خاک تعداد ۱۹۰۰ سوسک وجود خواهد داشت. صحت برآورد به دست آمده با استفاده از این روش به سه عامل بستگی دارد:

1. Lower asymptote level
2. Total counts
3. Sampling Methods
4. Accuracy
5. Use of quadrats

(۱) جمعیت هر کوادرات بایستی به درستی تعیین شود؛ (۲) سطح هر کوادرات به خوبی شناخته شده باشد، و (۳) کوادرات‌ها می‌بایستی نمایانگر کل سطح منطقه باشند. برای وجود شرط سوم لازم است که نمونه‌گیری به‌طور تصادفی انجام گیرد؛ یعنی کوادرات‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی در منطقه مورد مطالعه قرار بگیرند.

با فرض اینکه افراد جمعیت هدف به‌طور تصادفی در اکوسیستم پراکنده شده باشند نمونه معمولاً به‌صورت تصادفی گرفته می‌شود، اما اگر از نحوه پراکندگی افراد جمعیت هیچ اطلاعی وجود نداشته باشد می‌توان با گرفتن چند نمونه و تعیین میانگین و واریانس آنها نحوه پراکندگی آنها را تعیین نمود. اگر واریانس کوچکتر از میانگین باشد توزیع منظم^۱ و اگر واریانس مساوی میانگین باشد توزیع تصادفی^۲ و در صورتی که واریانس بزرگتر از میانگین باشد افراد توزیع تجمعی^۳ خواهند داشت.

الگوی‌های نمونه‌برداری^۴ مختلف در جمع‌آوری نمونه‌ها (شکل ۱-۹) عبارت‌اند از:

الگوی تصادفی^۵: نمونه از مکان‌های کاملاً تصادفی گرفته می‌شود اما در عمل ممکن است انتخاب محل مشکل باشد. جداول اعداد تصادفی و یا دیگر روش‌های آماری ممکن است مورد استفاده قرار گیرند.

الگوی سیستماتیک^۶: نمونه‌ها از فواصل منظمی در تمام مزرعه یا اکوسیستم مورد نظر برداشت می‌شوند. روش آسانی است و در اغلب موارد از این روش استفاده می‌شود.

الگوی لایه‌بندی^۷: در این الگو اکوسیستم یا زمین مورد نظر به قسمت‌ها یا لایه‌هایی^۸ تقسیم می‌شود. این قسمت‌ها یا لایه‌ها معمولاً هم‌اندازه می‌باشند. نمونه‌ها در هر لایه ممکن است به‌صورت تصادفی (لایه‌بندی تصادفی^۹) یا سیستماتیک برداشت شوند. طرح لایه‌بندی در مواردی که مزرعه دارای ویژگی‌های مشخص و قابل قسمت‌بندی باشد توصیه می‌شود.

(ب) روش علامت‌گذاری و بازگیری مجدد^{۱۰}. در این روش نمونه‌ای از جمعیت را گرفته، علامت‌گذاری می‌کنند و سپس مجدداً در جمعیت رها می‌نمایند. در این روش نسبت افراد علامت‌گذاری شده را که در نمونه‌گیری مجدد به‌دست آورده‌اند ملاک تعیین جمعیت قرار می‌دهند. با استفاده از فرمول زیر تراکم جمعیت را برآورد می‌کنند.

$$\text{تراکم کل جمعیت} = \frac{\text{کل افراد علامت‌گذاری شده} \times \text{کل نمونه‌های گرفته‌شده در مرحله دوم}}{\text{تعداد علامت‌دارها در نمونه‌گیری مجدد}}$$

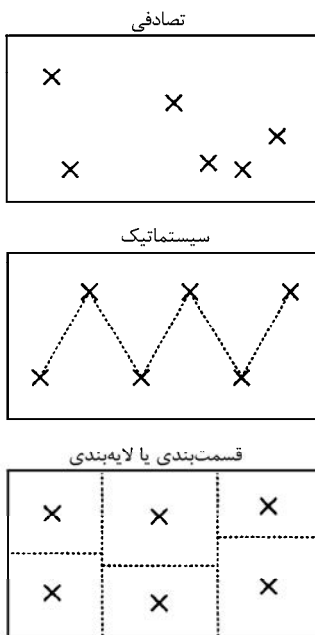
مثلاً اگر در منطقه‌ای از یک گونه جانور خاص به‌تعداد ۱۰۰ رأس علامت‌گذاری شده باشد و در نمونه‌گیری

مجدد از ۱۰۰ فرد گرفته‌شده تعداد ۱۰ رأس از علامت‌دارها باشند، تراکم جمعیت برابر خواهد بود با:

$$\frac{100 \times 100}{100} = 100$$

1. Regular
2. Random
3. Clumped
4. Sampling pattern
5. Random pattern

6. Systematic pattern
7. Stratified pattern
8. Strata
9. Stratified random
10. Marking – recapture Method or capture – recapture Method



شکل ۱-۹ الگوهای جمع‌آوری نمونه‌ها.

روش علامت‌گذاری و بازگیری مجدد در اکولوژی حیوانی اهمیت بیشتری دارد زیرا نه تنها تراکم جمعیت را برآورد می‌نماید بلکه میزان زاد و ولد و میزان مرگ‌ومیر را نیز برای جمعیت برآورد می‌کنند. این روش برای حیواناتی که عمر نسبتاً طولانی داشته و تحرک زیادی دارند مناسب است. اما اگر حیوان موردنظر عمر کوتاهی داشته باشد و جمعیت آن به سرعت تجدید شود این روش مناسب نیست؛ زیرا افراد علامت‌گذاری شده ممکن است از دسترس خارج شوند.

(ج) روش‌های بدون کوادرات^۱: این روش‌ها در مورد موجودات ساکن مثل درختان به کار می‌رود. مثلاً در روش چهارجهتی، در منطقه هدف تعدادی نقطه را به عنوان مبدأ به صورت تصادفی انتخاب کرده و فاصله نزدیکترین فرد موجود زنده را در چهار جهت تا نقاط مزبور اندازه می‌گیرند و بدین ترتیب تراکم در واحد سطح را می‌توان با توجه به میانگین فاصله‌ها، محاسبه کرد.

تغییرات تراکم جمعیت

(الف) افزایش تراکم جمعیت

تراکم به وسیله مهاجرت به داخل و زاد و ولد افزایش می‌یابد. عامل زاد و ولد به عنوان مهمترین عامل محسوب می‌شود و تقریباً معادل میزان تولیدمثل است به استثنای اینکه زاد و ولد کلمه عامتری است و بر هر نوع

تولیدمثلی غیر از تخم گذاری و ترکیب گامت ها اطلاق می شود. به طور کلی، زاد و ولد بر افراد جدید هر موجود زنده ای خواه زاییده شوند، از تخم خارج شوند، سبز شوند، تقسیم شوند و یا به هر صورتی که بر شمار جمعیت اضافه شوند گفته می شود. مهاجرت به داخل و مهاجرت به خارج را به ندرت اندازه گیری می کنند زیرا در اکثر موارد فرض می شود که مهاجرت به داخل و مهاجرت به خارج معادل هم هستند.

زاد و ولد عبارت است از قدرت ازدیاد ذاتی جمعیت که در اصطلاح جمعیت شناسی، نرخ زاد و ولد یا میزان زاد و ولد^۱ نامیده می شود. نرخ زاد و ولد عبارت است از تعداد موجودات متولد شده در واحد زمان. این میزان در بین موجودات زنده مختلف متفاوت است. برخی از گونه ها سالی یک بار زاد و ولد می کنند و برخی چندین بار در طی فصل رشد و برخی دیگر تقریباً به طور مداوم تولیدمثلی می کنند. به عنوان مثال، ماهی هزاران تخم می گذارد؛ پرندگان معمولاً به طور متوسط بین یک تا ۲۰ تخم می گذارند؛ در حالی که پستانداران به ندرت بیش از ده بچه در یک نوبت تولید می نمایند.

بین میزان زاد و ولد و موقعیت موجود زنده در زنجیره غذایی همبستگی وجود دارد به طوری که حیواناتی که در سطوح غذایی پایین تری هستند (مثل موش) زاد و ولد بیشتری نسبت به حیواناتی که در سطوح غذایی بالاتر هستند (مثل عقاب) دارند.

باروری^۲ همان میزان تولیدمثلی واقعی یک جمعیت است. در حالی که قدرت تولیدمثلی^۳ میزان تولیدمثلی بالقوه است. به عنوان مثال، قدرت تولیدمثلی انسان، یک نوزاد در هر ۹-۱۱ ماه از هر جنس ماده در سن تولیدمثلی است. اما میزان باروری ممکن است تنها یک نوزاد در هر شش سال باشد.

زاد و ولد ماکزیمم که گاهی به آن زاد و ولد فیزیولوژیکی یا زاد و ولد مطلق نیز می گویند عبارت است از حداکثر تولید افراد جدید که در شرایط ایده آل (یعنی شرایطی که عوامل محدود کننده اکولوژیکی وجود نداشته و هیچ مانعی برای تولیدمثلی جز عوامل فیزیولوژیکی وجود نداشته باشد) صورت می گیرد. این زاد و ولد برای هر جمعیتی مقداری ثابت است. مثلاً شپشک آرد در شرایط فیزیکی و زیستی مناسب و در صورت سلامتی کامل، در طی فصل تولیدمثلی حدود دوازده هزار تخم می گذارد و این حداکثر تخمی است که از نظر ژنتیکی قادر به تولید است و قابل افزایش نیز نمی باشد. زاد و ولد اکولوژیکی یا واقعی^۴ عبارت است از افزایش جمعیت در تحت شرایط واقعی یا شرایط طبیعی موجود. مقدار این زاد و ولد برای هر جمعیتی ثابت نمی باشد و با بزرگی جمعیت و شرایط محیط فیزیکی تغییر می کند. بنابراین، حد زایش فیزیولوژیکی برای یک گونه ثابت است و بستگی به ژنتیک گونه دارد ولی حد زایش اکولوژیکی به شرایط محیط بستگی داشته و متفاوت است.

میزان زاد و ولد یا نرخ زاد و ولد عبارت است از تغییراتی که در تراکم جمعیت در طول زمان به علت زاد و ولد ایجاد می شود. به عبارت دیگر:

$$B = \Delta N / \Delta T$$

1. Birth rate
3. Fertility

2. Fecundity
4. Ecological or realized natality

که ΔN تغییرات تراکم جمعیت (N) به علت زاد و ولد در طی مدت مشخص می باشد و ΔT تغییرات زمان (T) یا مدت زمان. مثلاً اگر جمعیت ببر سفید در جنگلی در سال ۱۳۸۰ برابر ۱۰۰ رأس بوده و در سال ۱۳۸۵ برابر ۱۵۰ رأس شده باشد و این افزایش تنها به دلیل زاد و ولد باشد، نرخ زاد و ولد این موجود در این جنگل طبق رابطه فوق برابر با عدد ۱۰ خواهد بود.

اگر بخواهند تأثیر هر فرد را در زاد و ولد مشخص نمایند نرخ ویژه زاد و ولد یا نرخ زاد و ولد واحد جمعیت را اندازه می گیرند که با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$b = \Delta N / N \Delta T$$

(ب) کاهش تراکم جمعیت

تراکم جمعیت از طریق مهاجرت به خارج و مرگ و میر کاهش می یابد. مرگ و میر مهمترین عامل کاهش تراکم محسوب می شود. تشخیص طول عمر فیزیولوژیکی^۱ که همان دوره زندگی بالقوه حیوان در بهترین شرایط است و طول عمر اکولوژیکی^۲ که دوره زندگی متوسط یک موجود زنده در بستر زیست طبیعی اش است امر ضروری می باشد. مرگ و میر مثل زاد و ولد به صورت تعداد مرگ و میرها در دوره معینی یعنی نرخ مرگ و میر^۳ بیان می شود:

$$d = \Delta N_d / \Delta T$$

ΔN_d یعنی تغییرات تعداد افرادی که به خاطر مرگ و میر در یک دوره معینی صورت گرفته و ΔT دوره زمانی است. چنانچه بخواهیم تأثیر هر فرد را بر مرگ و میر جمعیت به دست آوریم نرخ ویژه مرگ و میر را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$d = \Delta N_d / N \Delta T$$

در بیشتر موارد نرخ بازماندگان یا حد بقاء^۴ مهمتر از نرخ مرگ و میر است که به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{نرخ مرگ و میر} - ۱ = \text{حد بقاء}$$

مرگ و میر واقعی اکولوژیکی^۵ با مردن افراد در شرایط محیطی معین (مانند زاد و ولد اکولوژیکی) عدد ثابتی نیست بلکه با جمعیت و شرایط محیطی تغییر می کند. مرگ و میر جمعیت دارای حداقل^۶ فرضی است که برای آن جمعیت ثابت بوده و توسط خصوصیات ژنتیکی آنها کنترل می شود و در صورتی مشاهده می شود که شرایط محیطی محدود کننده نباشد و افراد در اثر پیری مرده و عامل مشخص کننده آن طول عمر فیزیولوژیکی باشد. میزان مرگ و میر واقعی ارتباط زیادی با گروههای سنی جمعیت دارد زیرا مرگ و میر مانند زاد و ولد به ویژه در موجودات عالی تابعی از سن می باشد.

برای بررسی مرگ و میر از دو طریق اصلی می توان اقدام کرد که عبارت اند از بررسی جداول عمر^۷ و

منحنی های بقاء^۸.

1. Physiological longevity
2. Ecological longevity
3. Mortality rate
4. survival

5. Ecological realized Mortality
6. Minimum Mortality
7. Life tables
8. Survival curves

جدول ۲-۹ نمونه‌ای از جداول عمر.

امید یا انتظار زندگی	نسبت مرگ‌ومیر	تعداد مرده‌ها	تعداد بازماندگان	دوره‌های مختلف سنی
e_x	q_x	d_x	L_x	X
۱/۱۵	۰/۵۵	۵۵	۱۰۰	۰
۰/۹۴	۰/۶۷	۳۰	۴۵	۱
۰/۸۳	۰/۶۷	۱۰	۱۵	۲
۰/۵۰	۱/۰۰	۵	۵	۳
-	-	-	۰	۴

جداول عمر

برای خلاصه کردن نحوه مرگ‌ومیر در جمعیت نیاز به استفاده از روشی است تا به راحتی بفهمیم که آیا میزان مرگ‌ومیر بیشتر در بین جوانان است یا در سنین پیری اتفاق می‌افتد. برای جواب دادن به این نوع از سؤالات می‌توانیم جدول عمر را برای جمعیت رسم کنیم. براساس نرخ مرگ‌ومیر جداولی را برای هر جمعیت رسم می‌کنند که به نام جداول حیات یا جداول عمر معروف هستند. جداول حیات میزان مرگ‌ومیر را در سنین و دوره‌های مختلف سنی نشان می‌دهند. برای رسم، تعدادی گروه‌های هم سن را از بدو تولد انتخاب و زندگی آنها را تا آخر عمرشان دنبال می‌کنند و در نتیجه ایده‌ای از توزیع مرگ‌ومیر در دوره‌های مختلف سنی به دست می‌آورند. جدول عمر ابتدا به وسیله رایموند پیرل^۱ در سال ۱۹۲۱ به اکولوژی معرفی شد. جداول عمر دارای تعدادی ستون هستند که با ستون‌ها علائمی مانند حروف زیر مشخص می‌گردند.

X = فواصل سنی

L_x = تعداد موجودات زنده باقیمانده در شروع فاصله سنی (تعداد بازماندگان)

d_x = تعداد مرده‌ها در طی فاصله سنی x تا $x+1$

q_x = نسبت مرگ‌ومیر در طی فاصله سنی x تا $x+1$

e_x = امید یا انتظار زندگی که میانگین امید زندگی موجودات زنده است.

برای مثال، در جدول ۲-۹ نمونه‌ای از جداول عمر آورده شده است. این جدول با ۱۰۰ فرد در زمان تولد (سن ۰) شروع شده است. در این مثال در ابتدای فاصله سنی همه افراد زنده‌اند. اما در انتهای فاصله سنی اول ۵۵ فرد مرده‌اند. بنابراین، نسبت مرگ‌ومیر برابر است با ۰/۵۵. برای سایر گروه‌های سنی نیز این ستون‌ها نوشته شده‌اند. محاسبات ستون‌ها به صورت زیر می‌باشد:

$$L_{x+1} = L_x - d_x$$

$$q_x = d_x / L_x$$

مثلاً در مورد جدول ۲-۹، برای گروه سنی ۲ ستون‌های ۲ و ۴ را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$L_2 = L_1 - d_1 = 45 - 30 = 15$$

$$q_2 = \frac{1}{15} = 0.067$$

جدول ۳-۹ جدول امید زندگی.

x	L _x	L _x	T _x	T _x /L _x	e _x
۰	۱۰۰	۷۲٫۵	۱۱۵	۱٫۱۵	۱٫۱۵
۱	۴۵	۳۰	۴۲٫۵	۰٫۹۴	۰٫۹۴
۲	۱۵	۱۰	۱۲٫۵	۰٫۸۳	۰٫۸۳
۳	۵	۲٫۵	۲٫۵	۰٫۵۰	۰٫۵۰
۴	۰	۰	-	-	-

امید زندگی	T _x	تعداد متوسط زنده‌ها در هر گروه سنی	میزان مرگ‌ومیر	نسبت بقایا	تعداد مرده‌ها	تعداد زنده‌ها	گروه‌های سنی
e _x (= T _x / n _x)	$\sum_x L_x$	$L_x / (n_x + n_{x-1}) / 2$	q_x / n_x	L_x / n_x	$d_x / 2$ (= n _x - n _{x+1})	n _x	x
۷٫۰	۷۰٫۵۳	۹۰۰٫۵	۰٫۱۹۹	۱٫۰۰۰	۱۹۹	۱٫۰۰۰	۰-۱
۷٫۷	۶۱۵٫۲۵	۷۹۵	۰٫۰۱۵	۰٫۸۰۱	۱۲	XIII	۱-۲
۶٫۸	۵۳۵٫۷۵	۷۷۶٫۵	۰٫۰۱۶	۰٫۷۸۹	۱۳	۷۸۹	۲-۳
۵٫۹	۴۵۸٫۱	۷۷۰	۰٫۰۱۵	۰٫۷۷۶	۱۲	۷۷۶	۳-۴
۵٫۰	۳۸۱٫۱	۷۴۹	۰٫۰۳۹	۰٫۷۶۴	۳۰	۷۶۴	۴-۵
۴٫۲	۳۰۶٫۲	۷۱۱	۰٫۰۶۳	۰٫۷۳۴	۴۶	۷۳۴	۵-۶
۳٫۴	۲۳۵٫۱	۶۶۴	۰٫۰۷۰	۰٫۶۸۸	۴۸	۶۸۸	۶-۷
۲٫۶	۱۶۸٫۷	۶۰۵٫۵	۰٫۱۰۸	۰٫۶۴۰	۶۹	۶۴۰	۷-۸
۱٫۹	۱۰۸٫۱	۵۰۵	۰٫۲۳۱	۰٫۵۷۱	۱۳۷	۵۷۱	۸-۹
۱٫۳	۳۷۶٫۵	۳۴۵٫۵	۰٫۴۲۶	۰٫۴۲۹	۱۸۷	۴۳۹	۹-۱۰
۰٫۹	۲۳۱	۱۱۴	۰٫۶۱۹	۰٫۲۵۲	۱۵۶	۲۵۲	۱۰-۱۱
۰٫۶	۵۷	۵۱	۰٫۹۳۷	۰٫۰۹۶	۹۰	۹۶	۱۱-۱۲
۱٫۰	۶	۱٫۵	۰٫۵۰۰	۰٫۰۰۶	۳	۶	۱۲-۱۳
۰٫۵	۱٫۵	۱٫۵	۱٫۰۰	۰٫۰۰۳	۳	۳	۱۳-۱۴

برای محاسبه انتظار زندگی بهتر است جدولی که دارای ستون‌های زیر باشد را رسم و محاسبه نماییم:

x	L _x	L _x	T _x	T _x /L _x	e _x

X یا فاصله سنی و L_x یا تعداد بازماندگان را در جدول قبلی داریم.

L_x = تعداد افراد زنده مانده به‌طور متوسط در فواصل سنی x و x+۱

$$L_x = L_x - L_{x+1} / 2$$

مثلاً L_x در سطر اول جدول ۲-۹ به‌شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$L = \frac{۱۰۰+۴۵}{۲} = ۷۲٫۵$$

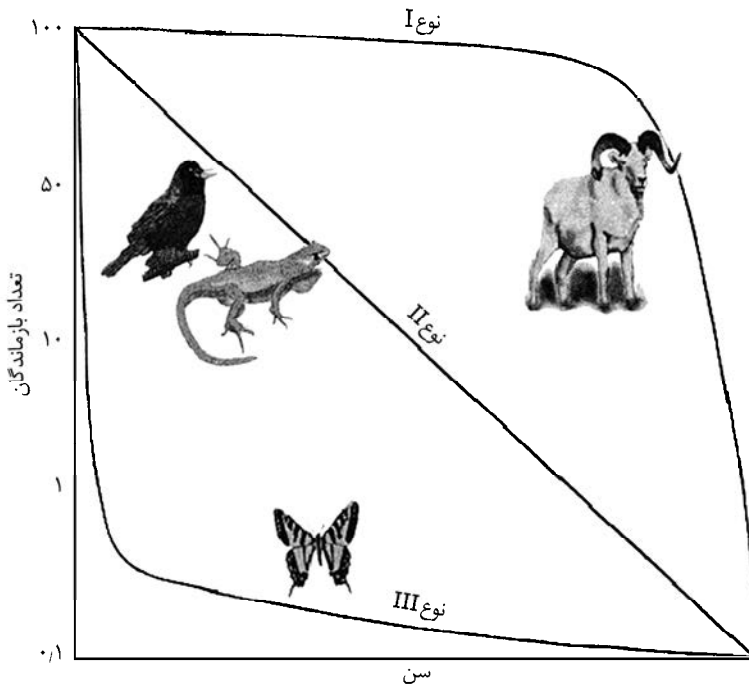
T_x = مجموع L_xها از سطر موردنظر تا انتهای جدول:

$$T_x = \sum L_x$$

مثلاً T_x در مورد گروه سنی ۲ جدول ۲-۹ به‌شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$T_2 = L_2 + L_3 + L_4 = ۱۰ + ۲٫۵ + ۰ = ۱۲٫۵$$

در ستون بعدی حاصل T_x/L_x را در هر گروه سنی به‌دست می‌آوریم.



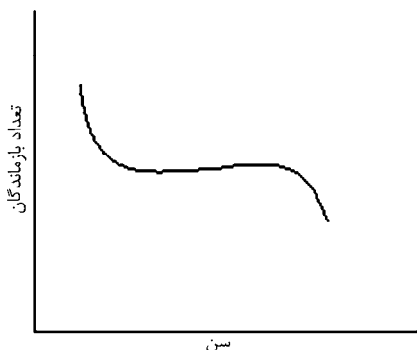
شکل ۲-۹ انواع منحنی‌های بقا.

در صورتی که به همان حالتی که در جدول ۲-۹ داریم سن افراد نوشته شده باشد حاصل T_x/L_x برابر امید زندگی نیز خواهد بود. اما اگر همچنان که در جدول ۳-۹ می‌بینیم فاصله سنی داشته باشیم، حاصل T_x/L_x را در فاصله سنی ضرب نموده و به عنوان امید زندگی در نظر می‌گیریم.

منحنی‌های بقا یا منحنی‌های بازماندگان

بر اساس جداول حیات منحنی‌هایی را می‌توان رسم کرد که چگونگی مرگ‌ومیر را در جمعیت نشان دهند. چنانچه آمار حاصل از ستون L_x را به نحوی روی محور مختصات بیاوریم که فاصله‌های زمانی بر محور افقی و تعداد بازماندگان بر محور عمودی قرار گیرند، منحنی‌های حاصل منحنی بقا خواهند بود. گاهی به جای نوشتن طول عمر در محور افقی، درصد طول عمر فیزیولوژیکی را می‌نویسند.

پیرل در ۱۹۲۸ سه نوع عمومی از منحنی‌های بقا را شناسایی کرد (شکل ۲-۹). در این شکل منحنی نوع I جمعیت، در مراحل جوانی کاهش اندکی دارد و بیشتر جمعیت در سنین پیری می‌میرند و منحنی نوع II نشان می‌دهد که مرگ‌ومیر جمعیت در سنین مختلف یکسان است و منحنی نوع III بیانگر این است که بیشتر جمعیت در جوانی می‌میرند و مرگ‌ومیر در سنین پیری کمتر است. جوامع بشری منحنی نوع I، بسیاری از



شکل ۳-۹ منحنی بقا در موجوداتی که دارای مراحل بحرانی در طول زندگی‌شان هستند.

پرندگان منحنی نوع II را دارند و تعداد زیادی از جوامع حد وسط دو منحنی نوع I و II هستند. منحنی‌های نوع III در بسیاری از ماهی‌ها، مهره‌داران دریایی و پارازیت‌ها اتفاق می‌افتد. در موجودات مختلف درجه محدب‌بودن یا مقعربودن بسته به عوامل مختلف فرق می‌کند و عواملی که شکل منحنی را تغییر می‌دهند یا به عبارتی روی مرگ‌ومیر تأثیر دارند عبارت‌اند از:

۱. شرایط محیطی

۲. تراکم جمعیت

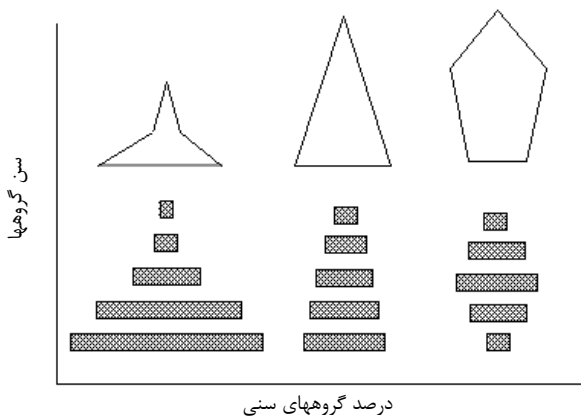
۳. رفتارهای اجتماعی

بعضی از موجودات زنده در طی دوره زندگی‌شان دارای مراحل بحرانی هستند (مثل متامورفوز در حشرات و قورباغه‌ها) که در این مراحل ممکن است میزان مرگ‌ومیر بسیار زیاد باشد؛ در این صورت منحنی بقای آنها حالت پله‌مانند را خواهد داشت (شکل ۳-۹).

یکی از عواملی که ممکن است بر شکل منحنی بقا تأثیرگذار باشد رفتارهای اجتماعی است. به عنوان مثال، نحوه مراقبتی که والدین درباره فرزندان اعمال می‌دارند در منحنی بقا تأثیر دارد و گونه‌هایی که از فرزندان‌شان شدیداً مواظبت می‌کنند مثل انسان، زنبور عسل و گنجشک خانگی، می‌بایستی منحنی محدب‌تری از ملخ و ماهی داشته باشند که تخم‌ها را به حال خود رها می‌سازند. در گروه دوم (ملخ و ماهی) معمولاً تلفات شدید زادگان را با گذاشتن تخم زیادتر جبران می‌کنند. در مورد انسان علاوه بر عوامل فوق، مسائل اقتصادی و فرهنگی و سیاسی نیز بر منحنی بقا تأثیر می‌گذارند.

ساختمان سنی^۱

توزیع سنی یکی از اختصاصات مهم جمعیت است و بر زاد و ولد و مرگ‌ومیر تأثیر می‌گذارد و این دو به نوبه خود بر رشد و ثبات جمعیت مؤثرند. به وسیله ساختمان سنی می‌توان آینده جمعیت را پیشگویی کرد.



شکل ۴-۹ انواع هرمهای سنی.

جمعیتی که در آن تعداد افراد کم سن و جوان زیاد است بیانگر آن می باشد که جمعیت در آینده زاد و ولد نموده و زیاد خواهد شد و از طرف دیگر، جمعیت پیر بیانگر مرگ و میر زیاد است.

طبق نظر بودنهايمر^۱ از لحاظ اکولوژی سن جمعیت به سه قسمت تقسیم می شود:

۱. دوره قبل از تولیدمثل^۲

۲. دوره تولیدمثل^۳

۳. دوره پس از تولیدمثل^۴

طول نسبت این سه سن نسبت به طول عمر موجودات زنده مختلف متفاوت است و به عبارت دیگر، طول این سه دوره بسته به گونه و شرایط محیطی متفاوت است.

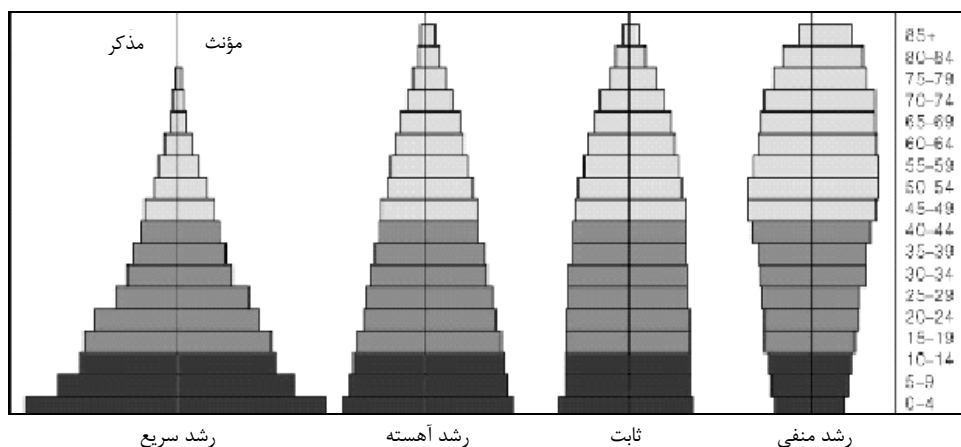
برای بیان توزیع و پراکندگی سنی جمعیت ها از اشکالی به نام هرم های سنی^۵ استفاده می شود. در این اشکال محور افقی درصد یا تعداد افراد را در سنین مختلف نشان می دهد و محور عمودی طول عمر و یا سن افراد را نمایش می دهد. هرم های سنی ممکن است سه شکل به خود بگیرند (شکل های ۴-۹ و ۵-۹):

۱. هرم سنی در حال گسترش: این هرم دارای قاعده نسبتاً وسیعی می باشد که نشان می دهد افراد با سن کم بیشترین تعداد را دارند و به تدریج افراد پیر تعداد کمتری دارند و بنابراین جمعیت در آینده رشد سریعی خواهد داشت و انتظار می رود در آینده مشکلاتی مثل کمبود غذا، ایجاد روابط بر ضد هم و فشارهای محیطی مشاهده شوند. مثل برخی از جوامع انسانی در کشورهای جهان سوم.

۲. هرم های سنی متعادل: در جمعیت هایی که دارای هرم سنی متعادل می باشند بین نوزادان، جوانان و افراد مسن در جامعه یک تعادل نسبی وجود دارد. چنین جوامعی از ثبات بیشتری برخوردارند و در مقایسه با گروه اول با مشکلات کمتری مواجه خواهند بود. مثل جمعیت انسانی در کشورهایی مثل سوئیس.

1. Bodenheimer
2. Prereproductive
3. Reproductive

4. ostreproductive
5. Age pyramids



شکل ۹-۵ نمونه‌هایی از ساختمان‌های سنی.

۳. **هرم‌های سنی در حال کاهش:** که نشان می‌دهد تعداد نوزادان کمتر از گروه‌های سنی دیگر هستند و نشان‌دهنده رو به انقراض بودن و نابودی آن جمعیت است. بسیاری از پرندگان شکاری و بعضی از حیوانات چنین حالتی را دارند.

هر گروه سنی در هرم سنی می‌تواند همچنین به دو گروه موجودات زنده مذکر و مونث تقسیم شود. در این صورت هرم‌های سنی -جنسی^۱ به وجود خواهد آمد که مشخصه مفید دیگری از میزان رشد بالقوه می‌باشد.

لنگا^۲ (۱۹۲۵) ثابت کرد که هر جمعیتی بیشتر تمایل به توسعه یک توزیع ثابت سنی در محیط زیست موجود دارد. اگر شرایط زیستی تغییر نکند نسبت افراد در گروه‌های مختلف سنی تقریباً ثابت می‌ماند.

آهنگ رشد جمعیت

اگرچه آگاهی از تراکم جمعیت اهمیت زیادی دارد اما عامل مهمتر آن آگاهی از نحوه تغییر تراکم در طی زمان است زیرا رشد جمعیت بر ساختمان اجتماع اثرگذار است. برای شناخت چگونگی و سرعت تغییرات تراکم در طی زمان از آهنگ رشد جمعیت استفاده می‌کنیم. آهنگ رشد جمعیت^۳ عبارت است از تغییراتی که در اندازه جمعیت در طول زمان صورت می‌گیرد و یا به عبارتی میزان رشد خام^۴ را گویند. هیچ جمعیتی رشد نامحدودی ندارد و عواملی مانند روابط سایر جمعیت‌ها از قبیل صیادی، رقابت، گیاهخواری و امراض رشد را تحت تأثیر و کنترل قرار خواهد داد.

آهنگ رشد جمعیت را از فرمول زیر محاسبه می‌کنند:

$$r = \frac{\Delta N / \Delta T}{\Delta T}$$

(نتیجه مهاجرت به داخل یا خارج) $\pm$ میزان مرگ و میر - میزان زاد و ولد

1. Age - sex pyramids
2. Lotka

3. Population growth rate
4. Crude growth rate

در فرمول فوق، اگر مهاجرت به داخل صورت بگیرد علامت + و اگر مهاجرت به خارج انجام شده باشد علامت منفی را در نظر می گیرند.

آهنگ ویژه رشد جمعیت یا نرخ ویژه رشد یا میزان رشد ویژه^۱ یعنی تغییر در تعداد موجودات زنده در واحد زمان در هر موجود زنده:

$$r = \Delta N / N \Delta T \quad rN = \Delta N / \Delta T$$

در این فرمول متغیر r را می توان ضریب لحظه ای رشد جمعیت^۲ نامید. در فرمول بالا میزان رشد در یک جمعیت در حال رشد نمائی داده می شود؛ اما اگر بخواهیم اندازه جمعیت را در زمان های مختلف در طی رشد نمائی جمعیت بررسی کنیم از فرمول زیر استفاده می کنیم:

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

در فرمول فوق، N_t تعداد در زمان t و N_0 تعداد در زمان صفر که شروع دوره مطالعه است، e عدد پایه لگاریتم طبیعی (حدود ۲/۷۱۸)، r پتانسیل زیستی و t دوره زمانی که مطالعه انجام شده می باشند.

رشد در جمعیت های با نسل های گسسته

در گونه موجود زنده ای که تنها دارای یک فصل تولیدمثل و دوره زندگی یک ساله ای داشته باشد با فرض آنکه هر فرد ماده به طور متوسط R_0 نوزاد یا نتاج ماده ایجاد نماید که بتوانند در سال بعد تولیدمثل نمایند، در نتیجه

$$N_{t+1} = R_0 N_t$$

$$N_t = \text{اندازه جمعیت ماده ها در نسل } t$$

$$N_{t+1} = \text{اندازه جمعیت ماده ها در نسل } t+1$$

$$R_0 = \text{میزان تولیدمثل خالص یا تعداد نتاج ماده تولید شده از هر فرد ماده در هر نسل}$$

نتیجه افزایش این جمعیت به مقدار زیادی بستگی به میزان R_0 خواهد داشت. دو حالت زیر را در نظر بگیرید:

۱. **نرخ ازدیاد ثابت**^۳. اگر R_0 ثابت و بزرگتر از ۱ باشد جمعیت به صورت هندسی^۴ بدون محدودیت افزایش

خواهد یافت و چنانچه R_0 کوچکتر از یک باشد جمعیت کاهش و به سمت نابودی خواهد رفت. مثال

چنانچه $R_0 = ۱/۵$ و $N_t = ۱۰$ و $t = ۰$ در نتیجه

نسل	اندازه جمعیت (N_t)
۰	۱۰
۱	$(۱/۵)(۱۰) = ۱۵$
۲	$(۱/۵)(۱۵) = ۲۲/۵$
۳	$(۱/۵)(۲۲/۵) = ۳۳/۷۵$

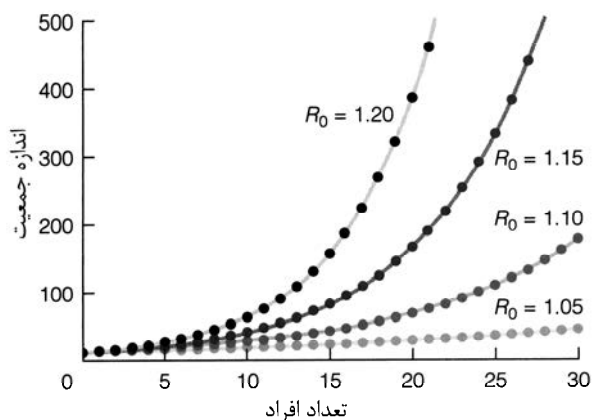
در شکل ۶-۹ مثال هایی از رشد هندسی جمعیت نشان داده شده است.

1. Specific growth rate

2. Instantaneous coefficient of population growth

3. Multiplication rate constant

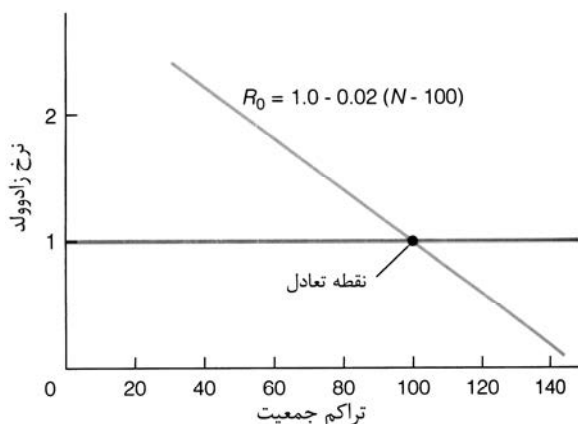
4. Geometric population growth



شکل ۹-۶ رشد هندسی و نمایی جمعیت دارای نسل‌های گسسته و نرخ تولیدمثل ثابت. اندازه جمعیت در شروع ۱۰ می‌باشد.

۲. نرخ ازدیاد وابسته به تراکم جمعیت^۱. اندازه برخی از جمعیت‌ها با نرخ ثابتی نبوده (شکل ۹-۶) و در طی زمان حالت‌های دینامیک مختلفی خواهد داشت. دلایل مختلفی ممکن است افزایش جمعیت را حالتی که اندازه آن زیاد شده تحت تأثیر قرار داده و آنرا کاهش دهد مانند کاهش میزان زاد و ولد و افزایش مرگ و میر به دلایلی مانند کمبود غذا یا شیوع بیماری‌ها.

ساده‌ترین مدل ریاضی خطی^۲ است به طوری که رابطه بین تراکم و نرخ ازدیاد به صورت خط راست^۳ باشد یعنی با افزایش اندازه جمعیت، نرخ ازدیاد کاهش یابد (شکل ۹-۷). محل تقاطع با خط $R_0 = 1$ نقطه



شکل ۹-۷ نرخ ازدیاد خالص (R_0) به عنوان یک تابع خطی از تراکم جمعیت (N) در زمان t . در این مثال فرضی، تراکم تعادلی ۱۰۰ می‌باشد. خط افقی خط تعادل بوده که $R_0 = 1$ و در آن جمعیت ثابت است.

1. Multiplication rate dependent on population size

2. Linear mathematical model

3. Strait-line relationship

تبادل تراکم جمعیت جایی که میزان تولد معادل با میزان مرگ و میر است. اندازه گیری تراکم جمعیت خارج از تراکم تعادلی به آسانی همچنان که در معادله زیر نشان داده شده است میسر خواهد بود:

$$z = N - N_{eq}$$

که در آن z = انحراف از نقطه تعادل، N = اندازه جمعیت مشاهده شده و N_{eq} = اندازه جمعیت متعادل می باشند.

بنابراین معادله خط راست شکل ۷-۹ به صورت زیر خواهد بود:

$$R_0 = 1/0 - B (N - N_{eq})$$

که R_0 = نرخ ازدیاد خالص، B (-) = شیب خط

بنابراین در شکل ۷-۹ که $B = 0/02$ و $N_{eq} = 100$ ، معادله قبلی به صورت زیر قابل نوشتن خواهد بود:

$$N_{t+1} = R_0 N_t = (1/0 - Bz_t) N_t$$

نتیجه این معادله بستگی به تراکم تعادلی و شیب خط خواهد داشت. مثلاً اگر $B = 0/011$ و $N_{eq} = 100$ و

جمعیت اولیه برابر ۱۰ باشد، جمعیت در نسل های مختلف به صورت زیر خواهد بود:

$$N_1 = (1/0 - 0/011(100-100)) (10) = (1/0)(10) = 10/9$$

$$N_2 = (1/0 - 0/011(10/9-100)) 10/9 = (1/881)(10/9) = 37/4$$

$$N_3 = 63/2$$

$$N_4 = 88/8$$

$$N_5 = 99/7$$

نتایج این مدل ساده جمعیت می تواند بسیار جالب باشد. چنانچه

$$L = B N_{eq}$$

اگر L بین ۰ و ۱ باشد جمعیت بدون نوسان به تعادل خواهد رسید.

اگر L بین ۱ و ۲ باشد جمعیت با نوساناتی که دارد کاهش و به سمت نقطه تعادل پیش می رود (شکل ۸-۹a).

اگر L بین ۲ و ۲/۵۷ باشد، جمعیت دارای چرخه های مشخص یکنواختی بوده که به طور نامحدودی این

روند ادامه خواهد داشت (شکل ۸-۹b).

اگر L بیشتر از ۲/۵۷ باشد، جمعیت دارای نوسانات بی نظمی بوده که ظاهراً به صورت تغییرات تصادفی

می باشند (شکل ۸-۹c).

رشد جمعیت های دارای نسل های متعدد

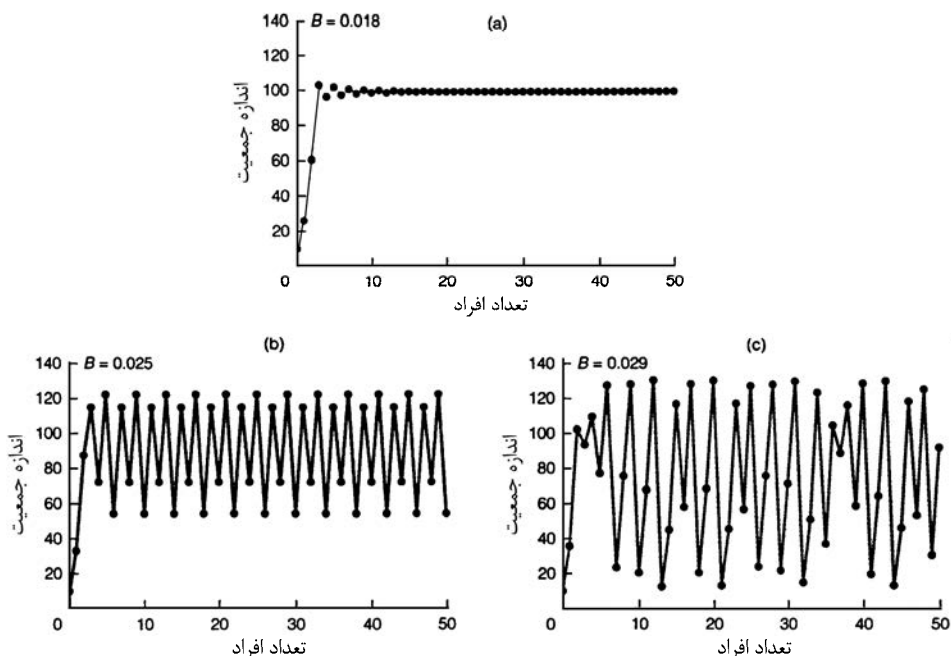
در جمعیت های دارای چند نسل که زاد و ولد آنها در طی زمان ادامه دارد، توصیف رشد جمعیت به کمک

معادله های مشخصی آسانتر خواهد بود. با فرض اینکه رشد جمعیت در زمان t بستگی به شرایط موجود و نه

حوادث گذشته دارد رشد این گونه جمعیت ها را بررسی می نماییم.

نرخ ازدیاد ثابت

فرض کنیم که در یک دوره زمانی کوتاه (dt) یک فرد احتمال b برای ایجاد یک فرد جدید داشته و در



شکل ۹-۸ مثال‌هایی از رشد جمعیت با نسل‌های گسسته و نرخ ازدیاد به‌عنوان تابع خطی از تراکم جمعیت که همانند شکل ۹-۷ تراکم اولیه برابر ۱۰ و تراکم تعادلی برابر ۱۰۰ بوده است. سه مثال با شیب خطوط (B) مختلف نشان داده شده‌اند.

همان فاصله زمانی احتمال d برای از بین رفتن داشته باشد. اگر b و d نرخ‌های لحظه‌ای زاد و ولد و مرگ و میر باشند نرخ لحظه‌ای رشد جمعیت برای هر فرد برابر خواهد بود با

$$r = b - d$$

و فرم رشد جمعیت به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{dN}{dt} = rN = (b - d)N$$

که N = اندازه جمعیت، t = زمان، r = نرخ رشد جمعیت به‌ازای هر فرد، b = نرخ زاد و ولد لحظه‌ای، d = نرخ مرگ و میر لحظه‌ای.

در این مدل، در صورتی که شرایط محیطی محدودکننده نباشند رشد جمعیت به‌صورت هندسی خواهد بود. ضمناً با استفاده از مدل رشد هندسی می‌توان زمان تا دوبرابر شدن جمعیت را برای یک جمعیت دارای نرخ رشد مشخص برآورد نمود:

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{rt}$$

اما اگر جمعیت دوبرابر شود $N_t/N_0 = 2$ و در نتیجه

$$\frac{N_t}{N_0} = 2 = e^{rt}$$

و یا

$$\log_e(2) = rt \quad \text{یا} \quad \frac{0.69315}{r} = t$$

که t زمان دوبرابر شدن اندازه جمعیت و r نرخ واقعی رشد جمعیت به ازای هر فرد می باشد. به عنوان مثال، در جدول زیر چند مقدار آورده شده است. بنابراین، اگر جمعیت انسانی دارای رشد هندسی باشد و نرخ رشد لحظه ای آن 0.0300 در سال باشد زمان دوبرابر شدن آن جمعیت 23 سال خواهد بود.

r	t
0.01	69.3
0.02	34.7
0.03	23.1
0.04	17.3
0.05	13.9
0.06	11.6

۱. نرخ کلی رشد در شرایط نامحدود (r)

به ترکیب سنی و نرخ های ویژه رشد ناشی از تولیدمثل گروه های سنی جمعیت بستگی دارد. بنابراین، برای هر گونه ای بنا به مقتضای ساختمانی جمعیت، ممکن است چند مقدار داشته باشد.

وقتی توزیع سنی جمعیت ثابت باشد نرخ رشد ویژه را نرخ ذاتی رشد طبیعی^۱ یا r_{max} می نامند. حداکثر r را با واژه ظرفیت زیستی یا پتانسیل زیستی^۲ می شناسند. پتانسیل زیستی عبارت است از ماکزیمم رشدی که جمعیت در شرایط ایده آل به دست می آورد. به عبارت دیگر، به حد رشد فیزیولوژیکی می رسد. اکثر جمعیت ها به حد پتانسیل زیستی نمی رسند. به عنوان مثال، اگر جمعیت موش ها به حد پتانسیل زیستی برسد در مدت کوتاهی تمام کره زمین را موش فرا می گیرد.

به مجموعه عواملی که مانع رسیدن جمعیت به حد پتانسیل زیستی می شوند عوامل مقاومت محیطی^۳ می گویند. این عوامل زاد و ولد را کاهش و مرگ و میر را افزایش می دهند و سرانجام رشد جمعیت را به کمتر از حد پتانسیل زیستیشان می رسانند. اختلاف بین ظرفیت زیستی و نرخ واقعی رشد در محیط به عنوان مقدار مقاومت محیط شناخته شده است. گنجایش یا ظرفیت محیطی^۴ (k) عبارت است از ماکزیمم تعداد یا بیوماسی که یک محیط از یک جمعیت بتواند پذیرا باشد. برای مثال، اگر در یک اکوسیستم جنگل ماکزیمم تعداد گوزنی که

1. Intrinsic rate of natural increase

2. Biotic potential

3. Environmental resistance

4. Carrying capacity

بتوانند زندگی کنند ۱۰۰۰ گوزن باشد، ظرفیت محیطی برای گوزن‌ها ۱۰۰۰ خواهد بود. مقدار ظرفیت محیطی برای جمعیت‌های مختلف در یک اکوسیستم متفاوت است و از طرفی، مقدار k برای یک جمعیت نیز می‌تواند متغیر باشد. معمولاً ثابت شده است که مقدار k مساوی است با متوسط وزن افراد ضربدر تعداد افراد بتوان $۳/۲$:

$${}^{۳/۲}K = wp$$

در تنظیم تراکم جمعیت دو دسته از عوامل دخالت دارند یک دسته به نام عوامل وابسته به تراکم و دسته دیگر به نام عوامل مستقل از تراکم نامیده می‌شوند. اهمیت نسبی هر کدام از این عوامل در شرایط مختلف و برای گونه‌های مختلف متفاوت است. عوامل وابسته به تراکم به عواملی گفته می‌شود که میزان تأثیر آنها بر روی جمعیت بستگی به تراکم جمعیت داشته باشد؛ یعنی اگر تراکم جمعیت زیاد شود تأثیر این دسته از عوامل زیادتر می‌شود. مثلاً با افزایش تراکم مواد غذایی، معمولاً حمله دشمنان، آفات و امراض و غیره بیشتر می‌شود. در بعضی موارد این رابطه مستقیم و در مواردی غیرمستقیم است. عوامل مستقل از تراکم عواملی هستند که میزان تأثیرشان بر روی جمعیت رابطه‌ای با تراکم ندارد مثل میزان بارندگی در یک منطقه.

۲. نرخ ازدیاد وابسته به تراکم

معمولاً جمعیت‌ها به رشد هندسی خود ادامه نمی‌دهند و زمانی که در شرایط و منابع محدودی رشد می‌کنند افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که حضور افراد دیگر مشکلاتی را به وجود نیاورد.

مطالعه روی نحوه افزایش اندازه جمعیت به زمان مالتوس^۱ در سال ۱۷۹۸ برمی‌گردد و پیشرفت‌های قابل توجهی که در این رابطه به وجود آمده مدیون کار ورهاست^۲ در سال ۱۸۳۸ و نیز پیرل و رید^۳ در سال ۱۹۲۰ می‌باشد. این افراد دریافتند که جمعیت‌ها در الگوهای خاصی رشد می‌کنند. الگوهای مشخصی که جمعیت بر طبق آنها رشد می‌کند را اصطلاحاً شکل رشد جمعیت یا فرم رشد^۴ می‌نامند. منظور از فرم رشد جمعیت منحنی تغییرات تراکم جمعیت نسبت به زمان است. اگرچه فرم رشد جمعیت‌های مختلف باهمدیگر متفاوت است ولی دو الگوی رشد عمومی‌تر دیده می‌شود که فرم رشد جمعیت‌های مختلف براساس این دو فرم قابل توجیه و تفسیر می‌باشد و عبارت‌اند از:

۱. فرم رشد J شکل^۵

۲. فرم رشد S شکل یا سیگموئیدی^۶

● **فرم رشد J شکل.** در گونه‌های موجودات زنده‌ای که رشد جمعیت آنها از فرم J تبعیت می‌کند، تراکم جمعیت به سرعت و به طور تصاعدی افزایش می‌یابد تا اینکه گنجایش محیط اجازه افزایش جمعیت را نداده و گنجایش محیط تکمیل شده و تراکم به حداکثر می‌رسد و سپس افزایش متوقف می‌شود. بالاخره جمعیت به دلیل گرسنگی و عدم وجود امکانات محیط به سرعت کاهش پیدا می‌کند (شکل ۹-۹).

1. Malthus

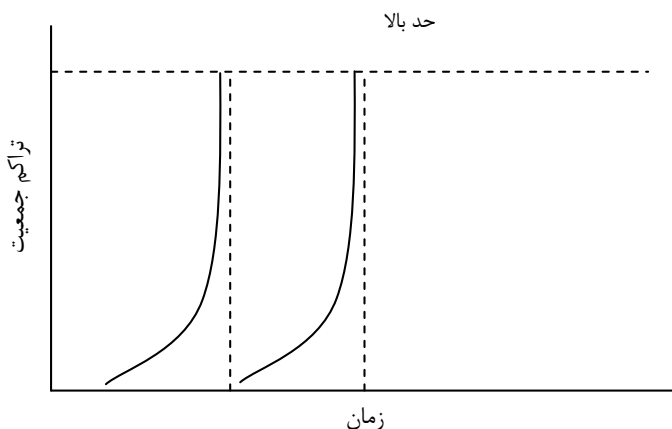
2. Verhuist

3. Pearl and Reed

4. Population growth form or growth shape

5. J-shaped growth form

6. S-shaped or sigmoid growth form



شکل ۹-۹ فرم رشد J شکل.

شکل ۹-۹ را می‌توان با مدل ساده‌ای بر مبنای معادله نمائی زیر نیز که قبلاً نیز مورد بررسی قرار گرفت بیان کرد:

$$N_t = N_0 e^{rt} \quad \text{یا} \quad dN/dT = rN$$

در فرم رشد J شکل ابتدا رشد نسبتاً کند است که این به علت تطابق موجود زنده با محیط است. سپس یک مرحله رشد لگاریتمی وجود دارد که تابع توان ارثی جمعیت برای افزایش می‌باشد. مثل بسیاری از حشرات و نیز بسیاری از موجودات زنده‌ای که در مناطق قطب زندگی می‌کنند و موجوداتی که اندازه‌شان کوچک است و زاد و ولد زیادی دارند.

در معادله فرم رشد J شکل افزایش مقدار N محدود است؛ یعنی بر اثر تمام شدن منابع رشد (منابع غذایی یا فضای زیست) یا دخالت عوامل فصلی مثل یخبندان و یا پایان فصل تولیدمثل، رشد نسبتاً نامحدود، ناگهان متوقف می‌شود. وقتی مقدار N به حد اکثر برسد دو حالت ممکن است پیش آید؛ گاهی تراکم برای مدت زمانی ثابت می‌ماند لیکن در اغلب موارد بلافاصله کم می‌شود و الگوی تراکم از نوسان استراحتی^۱ برخوردار می‌گردد. این نوع الگو که نیکلسون^۲ آن را الگوی ناشی از تراکم^۳ نامیده است مبین بسیاری از جمعیت‌های طبیعی مثل جلبک‌ها و گیاهان یک‌ساله و برخی حشرات می‌باشد.

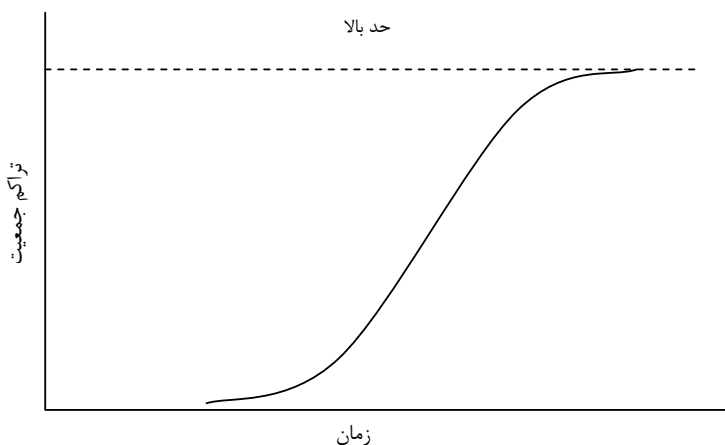
• فرم رشد S شکل: در اکوسیستم‌های طبیعی رشد جمعیت به ندرت از الگوی J شکل تبعیت می‌کند زیرا محدودیت‌های طبیعی میزان افزایش را کند می‌کنند. اکثر جوامع در الگوی رشد S شکل یا سیگموئیدی رشد می‌کنند (شکل ۹-۱۰).

این الگوی رشد در ابتدا آهسته بوده و سپس تند می‌شود و به حد رشد لگاریتمی می‌رسد. اما این وضع ادامه پیدا نمی‌کند بلکه با کاهش ظرفیت محیطی و افزایش نسبت درصد مقاومت محیطی، به تدریج کند

1. Relaxation oscillation

2. Nicholson

3. Density-Triggered



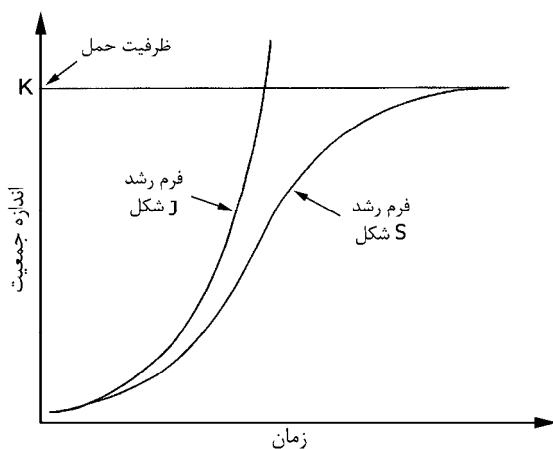
شکل ۹-۱۰ فرم رشد S شکل.

می‌شود تا اینکه مرحله تعادل فرا می‌رسد و جمعیت متعادل در این مرحله باقی می‌ماند. منحنی رشد سیمگونی را می‌توان به صورت معادله ساده زیر نشان داد:

$$\Delta N / \Delta T = rN \cdot (K - N) / K$$

در این معادله k عدد ثابت مربوط به حد بالای جمعیت است (سطحی که جمعیت بیش از آن افزایش نمی‌یابد و با k نشان داده می‌شود و بجانب بالایی نیز گفته می‌شود). $\Delta N / \Delta T$ نرخ رشد جمعیت، v نرخ ویژه رشد یا نرخ ذاتی افزایش و N میزان جمعیت می‌باشد.

هرچه k بیشتر باشد تراکمی که محیط از آن موجود زنده می‌تواند پذیرا باشد بیشتر خواهد بود. اگر N برابر K باشد به این معنی است که تراکم جمعیت ثابت شده و تغییرات تراکم صفر است و یا به عبارت دیگر،



شکل ۹-۱۱ فرم رشد J شکل و فرم رشد S شکل.

محیط به حداکثر گنجایش خود در رابطه با تراکم رسیده است. میزان K بسته به گونه موجود زنده و شرایط محیطی متفاوت است.

$K / (K - N)$ نشان دهنده امکانات باقیمانده محیط است. هرچه میزان جمعیت به K نزدیکتر شود امکانات باقیمانده محیطی کمتر خواهد شد.

در این نوع از فرم رشد جمعیت، عوامل کنترل کننده رشد جمعیت عوامل وابسته به تراکم می باشند که تأثیر خود را به تدریج بر جمعیت ظاهر می کنند تا اینکه سرانجام جمعیت را به حالت تعادل می رسانند. این فرم رشد بیشتر مختص گونه هایی است که در اکوسیستم های باثبات و جوامع بالغ زندگی می کنند و از اختصاصاتشان بزرگی جثه، زاد و ولد کم و طول عمر زیاد است.

نوسانات جمعیت^۱

در طبیعت اغلب جمعیت ها حتی آنهایی که به حالت ثبات رسیده اند نوساناتی را در اندازه جمعیت نشان می دهند. نوسانات در موجودات زنده مختلف و اکوسیستم های مختلف متفاوت است. در اکوسیستم های ساده یا در شرایط محیطی متغیر نوسانات بیشتر دیده می شود. برعکس، در اکوسیستم های بسیار سازمان یافته و پیچیده و در محیط های باثبات نوسانات کمتری در جمعیتشان مشاهده می شود. نوسانات ممکن است به صورت فصلی یا دوره ای اتفاق بیافتند.

(الف) نوسانات فصلی^۲

این فرم تغییرات در تراکم جمعیت در طی سال همراه با تغییرات فصل مثل تغییر در آب و هوا مشاهده می شوند و ممکن است در اکثر قسمت های کره زمین مشاهده گردند. جمعیت بسیاری از حیوانات در عرض های جغرافیایی متوسط و بالا دارای نوسانات زیادی در جمعیتشان بین تابستان و زمستان می باشند. بیشترین تفاوت های فصلی در گونه های با چرخه زندگی کوتاه، فصل تولیدمثلی محدود و پراکندگی فصلی محدود دیده می شود. بعضی نوسانات فصلی پیچیده و بدون هیچ دلیل ظاهری اتفاق می افتند. برای مثال، در اکوسیستم های آبی تعداد پلانکتون ها در مواردی به شش برابر رسیده و سپس به سرعت کاهش می یابد؛ بدون اینکه هیچ دلیلی برای آن پیدا کنند.

(ب) نوسانات دوره ای^۳

نوسانات جمعیتی هستند که در طی یک سال یا هر چند سال یک بار اتفاق می افتند. این نوسانات ممکن است جزئی و یا اساسی باشند. نوسانات ممکن است نامنظم بوده و به شرایط محیطی مربوط باشند. مثلاً جمعیت حواسبیل انگلستان بعد از هر چند زمستان، به طور مشخصی پایین می آید و سپس بهبود پیدا می کند و یا ممکن است

1. Population oscillations
2. Seasonal oscillations
3. Periodic oscillations

نوسانات به صورت منظم و چرخه‌ای ظاهر شوند. اینها ممکن است ناشی از خصوصیات ذاتی جمعیت باشند. نوسانات چرخه‌ای کنترل شده در محدوده مشخصی از تراکم کاهش می‌یابند. به عنوان مثال، جمعیت موش صحرایی اسکندیناوی و کانادا در چرخه ۴ سال نوسان دارد. موش، گرگ و روباه در معرض چرخه‌های جمعیتی ۴ ساله هستند. پستانداران دیگری مثل خرگوش پاشنه‌برفی و سیاه‌گوش شمال کانادا، حداکثر تراکمشان در هر ۹-۱۰ سال اتفاق می‌افتد. بعضی از حشرات مانند ملخ‌های مهاجر صحرایی نوسان جمعیتشان در دوره‌های حدود ۴۰ ساله است. معمولاً نوسانات نامنظم بیشتر از نوسانات منظم در طبیعت وجود دارند. نوسانات معمولاً به وسیله دو گروه از عوامل ایجاد می‌شوند که عبارت‌اند از:

۱. عوامل غیرزنده (عوامل اقلیمی)

۲. عوامل زنده یا بیوتیک

در ایجاد نوسانات معمولاً هر دو گروه مذکور دخالت دارند. عموماً در جوامع جوان یعنی جوامعی که تنوع گونه‌ای کمی دارند و همچنین در اکوسیستم‌های بی‌ثبات نوسانات جمعیت توسط عوامل غیرزنده ایجاد می‌شود و دامنه نوسانات شدید است. برعکس، در جوامعی که به حد بلوغ رسیده‌اند یعنی جوامعی که تنوع در آنها زیاد است و همچنین در جوامعی که در اکوسیستم‌های باثبات قرار دارند، عوامل زنده از اهمیت بیشتری برخوردارند.

الگوی توزیع افراد جمعیت

منظور از الگوی توزیع^۱ افراد جمعیت، چگونگی قرار گرفتن افراد یک جمعیت در کنار یکدیگر است. در طبیعت معمولاً سه نوع الگوی توزیع دیده می‌شود که عبارت‌اند از:

۱. توزیع تصادفی^۲

۲. توزیع یکنواخت یا منظم^۳

۳. توزیع تجمعی یا کپه‌ای^۴

توزیع تصادفی

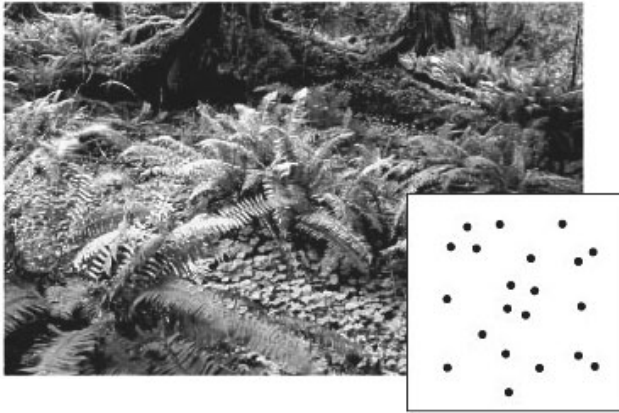
در توزیع تصادفی افراد به طور کاملاً تصادفی و اتفاقی کنار هم قرار می‌گیرند. این الگوی توزیع در اکوسیستم‌هایی دیده می‌شود که شرایط محیطی تقریباً در نقاط مختلف اکوسیستم یکسان باشد. به عبارت دیگر، برای افراد فرقی نکند که در چه نقطه‌ای قرار بگیرند. این نوع توزیع در طبیعت بسیار کم اتفاق می‌افتد. از نظر تکاملی در محیط‌هایی که از ثبات بیشتری برخوردارند امکان توزیع تصادفی موجودات وجود دارد. به شرط اینکه تجمع افراد به دلایل مختلف مثل تولیدمثل و شکار و غیره نباشد (شکل ۹-۱۲).

1. Distribution

2. Random

3. uniform

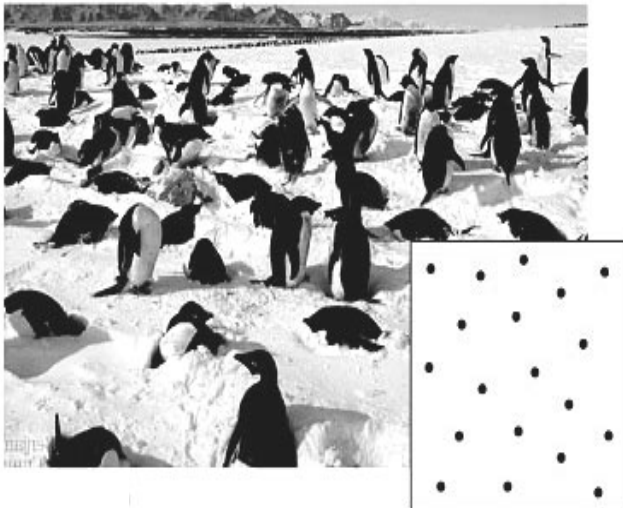
4. clumped



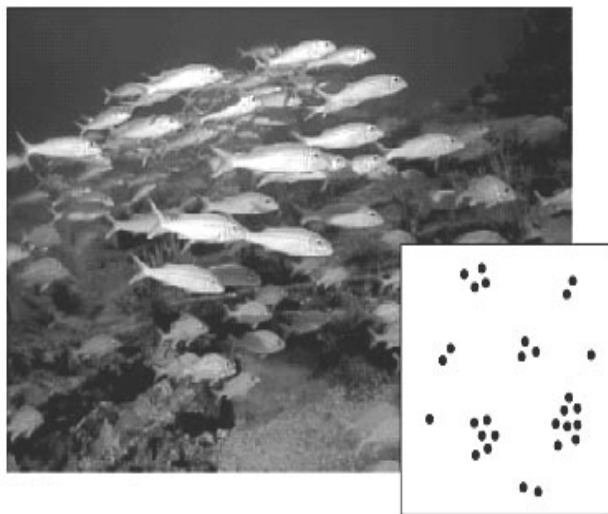
شکل ۹-۱۲ توزیع تصادفی افراد جمعیت.

توزیع یکنواخت یا منظم

در شرایطی اتفاق می‌افتد که افراد بر سر یک منبع یا مجموعه‌ای از منابع با همدیگر رقابت کنند و یا بر علیه همدیگر تضادهایی مثل ترشح مواد سمی بر ضد یکدیگر داشته باشند، که در این صورت افراد باید یک حداقل فاصله‌ای از هم داشته باشند. مثل صحراها یا کویرها که پراکندگی موجودات در آنها تقریباً شکل یکنواختی دارد (شکل ۹-۱۳).



شکل ۹-۱۳ توزیع یکنواخت یا منظم افراد جمعیت.



شکل ۱۴-۹ توزیع تجمعی یا کپهای افراد جمعیت.

توزیع تجمعی یا کپهای

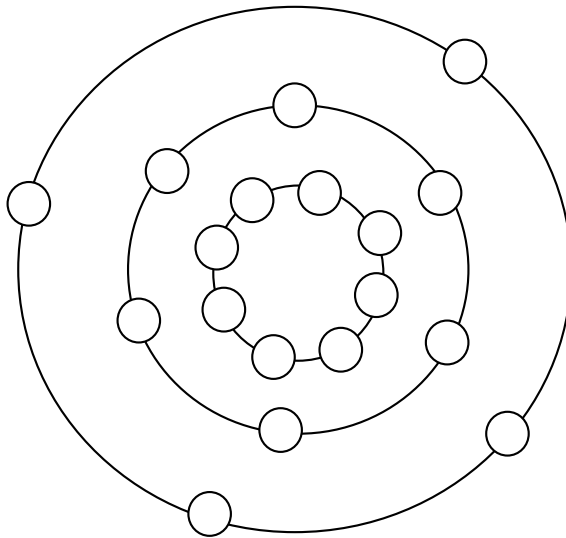
رایج‌ترین نوع توزیع در طبیعت می‌باشد. در این توزیع افراد به دلایل مختلف مثل شرایط خاص محیطی، نیازهای فیزیولوژیکی، رفتاری، تولیدمثلی و غیره به دور هم جمع می‌شوند و به علت این تجمع، رفتارهای خاص اجتماعی در جانوران بروز می‌کند. این الگو می‌تواند گاهی تصادفی و گاهی منظم باشد. زنیورسل، بسیاری از پرندگان، پستانداران و کاملترین آن انسان‌ها نمونه‌هایی از این نوع الگوی توزیع را دارند (شکل ۱۴-۹). مهم‌ترین مزیتی که این الگوی توزیع دارد این است که هنگامی که شرایط نامناسب باشد افراد در حالت تجمع، مقاومت بیشتری را نشان می‌دهند. برای مثال، وقتی که درجه حرارت بنا به دلایلی کاهش یابد چون افراد در کنار هم هستند بهتر می‌توانند درجه حرارت را تحمل نمایند، یا در مقابل حمله دشمنان، دفاع به حالت گروهی بهتر امکان‌پذیر است. تجمعی زندگی کردن ایجاد رقابت می‌کند. یکی از دانشمندان به نام الی^۱ یک اصل در مورد تجمعی زندگی کردن افراد بیان کرد که بدین ترتیب می‌باشد: برای بسیاری از جمعیت‌ها حد بهینه‌ای از تراکم و تجمع وجود دارد که در بالاتر از آن حد و پایین‌تر از آن، جمعیت زیان می‌بیند و به عبارتی میزان رشد جمعیت در تراکم متوسط حاصل می‌شود. برای انجام هر کار تحقیقاتی نیاز به نمونه‌گیری است و برای نمونه‌گیری باید شناختی از توزیع افراد وجود داشته باشد.

پراکندگی جمعیت^۲

پراکندگی جریانی است که توسط آن موجودات می‌توانند از مبدأ یا محل تجمع خود به سایر نقاط پخش شوند. پراکندگی یا انتشار جمعیت به حرکت افراد یا اندام تولیدمثل زایشی (بذر، اسپور، لارو غیره) و یا اندام

1. Allee

2. Population dispersal



شکل ۱۵-۹ چگونگی پراکندگی با دور شدن از مبدأ.

تولیدمثل رویشی آنها به خارج از منطقه مخصوص جمعیت، گفته می‌شود. این خاصیت مهم از نظر حفظ سلامتی جمعیت‌ها و دوام و گسترش آنها در تمام جهات دارای اهمیتی همدیف تولیدمثل و کسب انرژی می‌باشد. در پراکندگی هرچه از مبدأ پراکندگی دورتر می‌شویم تراکم افراد جمعیت کمتر می‌شود (شکل ۱۵-۹). پراکندگی به سه شکل ممکن است انجام گیرد که عبارت‌اند از:

۱. مهاجرت به خارج

۲. مهاجرت به داخل

۳. رفت‌وآمد^۱

پراکندگی همراه با زاد و ولد و مرگ‌ومیر توأمأ شکل رشد جمعیت و تراکم جمعیت را تعیین می‌کنند. در اغلب جمعیت‌ها تعدادی از افراد جمعیت یا عامل تولیدمثل آنها دائماً به جمعیت وارد و یا از آن خارج می‌شوند. این نوع پراکندگی تأثیر چندانی بر جمعیت نمی‌گذارد (مخصوصاً اگر جمعیت بزرگ باشد) زیرا ممکن است ورود به داخل معادل با خروج از آن باشد و یا اضافه‌شدن یا کاهش در جمعیت ناشی از مهاجرت، به وسیله مرگ‌ومیر و زاد و ولد جبران شود. اما در برخی موارد که پراکندگی به صورت گروه بزرگی از افراد به داخل یا به خارج اتفاق می‌افتد تغییرات شدید تراکم را موجب می‌گردد.

برای بهتر پراکنده‌شدن گونه‌ها یا باید عامل پراکندگی (مثل دانه گیاهان) زیاده‌تر باشد یا اینکه مکانیسم پراکندگی بهتر شود (مثلاً وزن دانه یا اندازه آن کاهش یابد). در طول زمان ثابت شده که معمولاً گونه‌ها بیشتر مکانیسم پراکندگی را بهبود می‌بخشند؛ یعنی سازگاری‌ها در جهت اصلاح مکانیسم‌های پراکندگی است.

برای اینکه گونه‌ای از یک منطقه به منطقه دیگر پراکنده شود بایستی اولاً قدرت پراکندگی را داشته یا عامل پراکندگی برایش فراهم باشد. ثانیاً در فاصله‌ای که می‌خواهد پراکنده شود موانعی وجود نداشته باشد (مثلاً دریا یا موانع فیزیکی سر راه پراکندگی نباشد). ثالثاً شرایط محیطی در نقطه جدید در محدوده دامنه بردباری موجود زنده وارد شده باشد و رابعاً گونه‌هایی که در نقطه جدید هستند اجازه سکونت را به گونه مورد نظر بدهند. لیکن بایستی توجه داشت که در اغلب موارد محیط با ورود مهاجرین جدید مخالفت می‌کند. این مخالفت ممکن است به خاطر نامساعد بودن عوامل فیزیکی مثل خاک، آب و هوا و سایر شرایط محیطی باشد و یا گونه‌های ساکن در آن ناحیه مانع ادامه حیات شوند. مهاجرین نیز سعی می‌کنند که در محیط جدید سازش یابند.

به‌طور کلی، در جوامع متنوع و جوامعی که به‌خوبی سازمان یافته‌اند ورود گونه‌های جدید با مقاومت شدیدتری روبه‌رو می‌گردد؛ درحالی‌که در جوامع کم‌تنوع با امکانات زیستی فراوان، ورود گونه‌های جدید ساده‌تر می‌باشد. به عبارت دیگر، در جوامع با ثبات عمده تأ عوامل زیستی هستند که موانعی برای پراکندگی بعضی از موجودات ایجاد می‌کنند؛ درحالی‌که در سیستم‌های جوان و بی‌ثبات عوامل زنده و یا زیستی به دلیل تنوع کم، مشکلات چندانی ایجاد نمی‌کنند. در این شرایط عوامل فیزیکی و محیطی از مهمترین عوامل می‌باشند.

حریم یا قلمرو^۱

در بسیاری از گونه‌های مهره‌داران و بی‌مهرگان عالی، زوج‌ها و افراد یک گروه خانوادگی، فعالیت خود را در محدوده‌ای خاص که به آن محدوده خانه^۲ گفته می‌شود محدود می‌کنند و چنانچه این منطقه به وسیله موجودات ساکن در آن تحت حراست قرار بگیرد حریم یا قلمرو^۳ نامیده می‌شود.

بعضی از قلمروها موقتی هستند مثل آنهایی که به وسیله پرندگان در مدت تولیدمثل اشغال می‌شود. برخی دیگر از قلمروها دائمی هستند مانند آنهایی که توسط موش صحرایی ماده تصرف می‌شوند.

جنبه‌های مختلف قلمرو ممکن است مورد دفاع و حمایت واقع شود. مثلاً نایس^۴ در سال ۱۹۴۱ قلمرو

پرندگان را به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

۱. منطقه‌ای که کاملاً مخصوص جفت‌گیری، تغذیه و تولیدمثل حفاظت شود.

۲. منطقه‌ای که برای جفت‌گیری و لانه‌سازی و نه برای تغذیه حفاظت گردد.

۳. منطقه‌ای که فقط به عنوان محل جفت‌گیری حفاظت شود.

۴. منطقه‌ای که فقط برای لانه‌سازی حفاظت شود.

۵. منطقه‌ای که برای منظوری غیر از زاد و ولد حفاظت گردد.

در بین افراد ممکن است انواع مختلفی از رفتارهای محیطی وجود داشته باشد. بعضی از پرندگان مثل

سینه‌سرخ‌ها^۵ قلمروهایی را برای تولیدمثل تصرف می‌کنند اما در زمستان در گروههایی مجتمع می‌شوند. در

1. Territoriality

2. Home range

3. Territory

4. Nice

5. Robin

جمعیت‌های دیگر رفتار محیطی محدود به گروه‌های سنی یا جنسی خاصی است. به عنوان مثال، بچه‌ها ممکن است در یک جا تجمع پیدا کنند اما افراد بالغ تر از هم جدا شوند.

اندازه منطقه حفاظت شده بسته به فصل تولیدمثل می‌تواند تغییر کند. حریم حفاظت شده پرندگان غالباً در آغاز جریان لانه‌سازی که نیاز به غذا خیلی زیاد است بسیار بزرگتر از پایان کار است. تقسیم بسترهای قابل دسترس به واحدهای کوچکتر سبب افزایش پراکندگی و در نتیجه کاهش رقابت درون گونه‌ای می‌شود و بنابراین مانع افزایش تراکم بیش از حد می‌گردد. همچنین حریم باعث کاهش رقابت بین جمعیت‌ها می‌شود.

در بین گونه‌های موجود در قلمرو، موجودات زنده‌ای که نتوانند استقرار پیدا نمایند و قلمروشان را حفظ کنند، قادر به انتقال صفاتشان به نسل‌های بعدی نخواهند بود. به عبارت دیگر، قلمرو می‌تواند به عنوان یک نیروی تکاملی با حذف افراد ضعیف، موجب انتخاب طبیعی شود.

دفاع از قلمرو در موجودات زنده مختلف به صورت‌های مختلفی است. در حیوانات عالی تر دفاع از قلمرو به صورت رفتار فعال صورت می‌گیرد. صاحبان قلمرو معمولاً حضورشان را به وسیله سروصدا، آواز، اظهار وجود و غیره اعلام می‌کنند. پستانداران اغلب قلمروشان را با بوی بدنشان (مانند فرومون‌ها) تعیین می‌کنند. گرگ‌ها و سگ‌های وحشی با ادرار خود ممکن است حریم را مشخص سازند. حیوانات پست تر نیز ممکن است به طور فعال به حمایت از قلمروشان بپردازند اما به کارگیری مواد شیمیایی در بین این گروه‌ها شایعتر می‌باشد.

روابط بین جمعیت‌ها

بین جمعیت‌های یک اکوسیستم ممکن است روابط مختلف منفی و مثبتی وجود داشته باشند. در فصل ۶ این کتاب گفته شد که روابط یا واکنش‌های بین افراد ممکن است روابط همگن و یا روابط ناهمگن باشند. روابط همگن یا واکنش‌هایی که در بین افراد یک گونه یا یک جمعیت وجود دارند قبلاً بررسی شدند. انواع روابط ناهمگن یا روابطی که بین افراد گونه‌های مختلف مشاهده می‌شوند در اینجا مورد بررسی قرار می‌گیرند.

به طور کلی، اثرات متقابلی که موجودات زنده مجاور روی همدیگر می‌گذارند و تداخل^۱ نامیده می‌شوند ممکن است مزاحمت باشد که منفی بوده و باعث کاهش رشد موجود زنده مجاور می‌شوند و یا ممکن است تداخل مثبت باشند یعنی بر روی هم اثر مفید داشته باشند. انواع تداخل‌ها در جدول ۴-۹ خلاصه شده‌اند.

رقابت

اگر عرضه یک عامل اکولوژیک مانند یک ماده غذایی، یا یک منبع انرژی و یا حتی فضا کمتر از تقاضای موجودات زنده محیط زیست باشد بین موجودات زنده آن محیط، در استفاده از منبع غذایی یا منبع انرژی و یا آن فضا رقابت به وجود خواهد آمد. در مورد گیاهان منابع رشد گیاه (آب، مواد غذایی، نور و فضا) محدودند. اگر تعداد زیادی گیاه از این منابع محدود بخواهند استفاده کنند به همه گیاهان نرسیده و رشد

1. Interference

کاهش می‌یابد. رقابت ممکن است درون گونه‌ای^۱ و یا بین گونه‌ای^۲ باشد. به رقابت درون گونه‌ای قبلاً اشاره شد. در رقابت بین گونه‌ای تراکم افراد اهمیت زیادی دارد. رقابت بر انتشار جغرافیایی هم مؤثر است. این اثر بیشتر در گونه‌هایی مطرح است که یک گونه از محیطی به محیط دیگر مهاجرت کرده و در محل جدید یا از بین رفته و یا اینکه سازگاری پیدا می‌کند. اگر در محل جدید باقی بماند به تدریج گونه بومی را از سطح انتشار خود حذف و جانشین گونه بومی خواهد شد. یکی از علل اینکه گیاهان هرز مزارع از انتشار بسیار وسیعی برخوردار هستند دائمی نبودن گیاهان زراعی است زیرا وقتی دائمی نباشند رقابت واقعی بین گیاه زراعی و علف‌های هرز به وجود نمی‌آید. اما اگر مراتع را با مزارع مقایسه کنیم در مراتع به علت اینکه گیاهان دائمی هستند با علف‌های هرز رقابت می‌کنند و بنابراین علف‌های هرزی که در یک مزرعه مشاهده می‌کنیم ممکن است در مرتع هم مرز همان مزرعه وجود نداشته باشد. این به علت رقابت دائمی بین گیاهان مراتع با گیاهان هرز است.

رقابت یکی از عوامل اساسی تکامل جوامع گیاهی به شمار می‌رود. به طوری که جایگزین شدن گونه‌های یک ساله به وسیله چند ساله‌ای‌های علفی و جایگزین شدن گونه‌های علفی چند ساله به وسیله بوته‌ها و نیز بوته‌ها به وسیله درختچه‌ای‌ها و بالاخره درختچه‌ای‌ها به وسیله درختان به دلیل رقابت می‌باشد، که در نهایت به یک حالت تعادلی منجر می‌گردد. در این حالت تعادل رقابت بیشتر از نوع درون گونه‌ای خواهد بود و برای همین است که در جوامع متعادل نهایی یک گونه بیشترین درصد را به خود اختصاص می‌دهد.

موچوالیسم (تعاونی)

موچوالیسم^۳ به نوعی زندگی اشتراکی گفته می‌شود که در آن هر دو گونه از زندگی اشتراکی سود می‌برند و در صورت تنها بودن متحمل خسارت شده یا اینکه زندگی برایشان غیرممکن خواهد شد. بنابراین، یک ارتباط اجباری بین آنها وجود دارد. نمونه‌هایی از این نوع زندگی عبارت‌اند از:

۱. زندگی همزیستی بین ریشه گیاهان خانواده نخود و باکتری جنس ریزوبیوم

ریشه بسیاری از گیاهان خانواده نخود زندگی همزیستی با گونه‌های خاص باکتری‌های ریزوبیوم دارند که این باکتری‌ها قادر به تثبیت نیتروژن هوا هستند. بنابراین، باکتری‌ها نیتروژن تثبیت شده را در اختیار گیاه قرار داده و گیاه مواد آلی را در اختیار باکتری قرار می‌دهد. بنابراین، اگر گیاه و باکتری با هم باشند هر دو سود می‌برند و اگر جدا باشند هر دو زیان می‌بینند.

۲. زندگی تعاونی پستانداران بزرگ با پرندگان

در مناطق گرمسیری پستانداران بزرگ موقعی که در محیط زیست مشاهده می‌شوند چند پرنده کوچک بر روی آنها دیده می‌شود. پرنده از انگل‌های بدن پستاندار استفاده کرده و پستاندار از انگل راحت می‌شود.

1. Intra-specific Competition

2. Inter-specific Competition

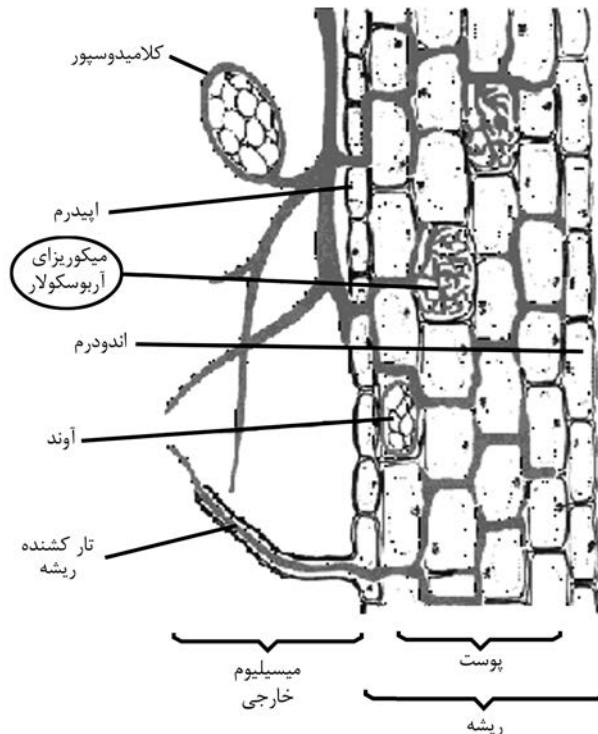
3. Mutualism

جدول ۴-۹ مهمترین انواع تداخل‌های موجودات زنده.

دو گونه جدا از هم		دو گونه کنار هم		انواع تداخل‌ها	
ب	الف	ب	الف		
0	0	0	0	(Neutralism)	خنثی
0	0	-	-	(Competition)	رقابت
-	-	+	+	(Mutualism)	تعاونی
0	0	+	+	(Proto-cooperation)	اشتراکی
0	-	0	+	(Commensalism)	همسفر کی
0	0	-	0	(Amensalism)	مهار کنندگی
0	-	-	+	(Parasitism)	انگلی
0	-	-	+	(Predation)	شکارگری-صیادی
0	-	-	+	(Herbivory)	گیاهخواری

علامت (0) نشان‌دهنده آن‌است که موجود تحت تأثیر واقع نمی‌شود. یعنی نه سود و نه زیان می‌بیند.

علامت (+) یعنی برای موجود زنده مفید است و علامت (-) یعنی برای موجود زنده مضر است.



شکل ۹-۱۲ همزیستی ریشه گیاه با قارچ میکوریزا (موچوالیسم).

۳. گرده افشانی به وسیله حشرات (زنبور عسل)

بسیاری از گیاهان برای گرده افشانی نیاز به عامل گرده افشان و مخصوصاً زنبور عسل و سایر حشرات دارند. مشخص است که لازمه تشکیل میوه و دانه گرده افشانی است. بنابراین، حشره کمک به گرده افشانی گل می کند و از طرفی، حشره از گرده و شهد گل استفاده می کند.

۴. مایکوریزا

مایکوریزا قارچ های خاگری هستند که در آنها قسمتی از پیکر قارچ وارد گیاه شده و قسمتی در خاک می ماند و در نتیجه زمانی که قارچ و گیاه این زندگی (مایکوریزا) را داشته باشند سطح جذب ریشه افزایش می یابد و از طرفی، قارچ از شیر پرورده گیاه استفاده می کند (شکل ۱۲-۹).

۵. زندگی همزیستی بین جلبک های سبز و آبی به خصوص آزولیا با قارچ آنانبا

قارچ آنانبا روی جلبک آزولیا رشد می کند و باعث تثبیت نیتروژن هوا می شود و کربن را از جلبک می گیرد. برخی معتقدند که اگر در مزرعه برنج این دو وجود داشته باشند، علاوه بر تأمین نیتروژن مورد نیاز برنج موادی را نیز به خاک می دهند.

زندگی اشتراکی

زندگی اشتراکی^۱ نوعی زندگی است که اگر دو موجود زنده با هم باشند سود می برند و اگر جدا از هم باشند به زندگی خودشان می توانند ادامه دهند. یعنی نیاز فیزیولوژیکی به هم ندارند. نمونه های زیادی از این زندگی وجود دارد که موارد زیر را می توان مثال زد: اتصالات ریشه های گیاهان چندساله که تحت عنوان پیوند ریشه ها مطرح می گردد، نمونه ای از زندگی اشتراکی است. ریشه های گیاهان در اثر برخورد با همدیگر در زیرزمین پیوند خورده و آوندها به همدیگر متصل می شوند. در این حالت ممکن است یک گیاه از نظر جذب مثلاً فسفر گیاه موفق باشد و گیاه دیگر از نظر جذب آهن موفق باشد. در نتیجه وقتی پیوند ریشه ها برقرار شود جذب هر دو عنصر برای گیاهان بهتر بوده و رشدشان بیشتر می شود. اما اگر پیوند ریشه نباشد خللی ایجاد نخواهد شد.

کشت مخلوط گیاهان بقولات با غیربقولات مثل مخلوط لوبیا با ذرت، یونجه و جو، ماشک و جو و غیره. در این حالت چون دو گیاهی که انتخاب می شوند نیازهای اکولوژیکی مختلفی دارند از امکانات محیط بهتر بهره برداری خواهد شد. بقولات نیز با تثبیت نیتروژن هوا حاصلخیزی خاک را برای گیاه دیگر بهتر خواهند نمود و از طرفی، گیاه غیربقولات ممکن است پناهگاهی برای گیاه بقولات باشد.

پرستوهای دریایی جنس Terna که با حواصیل های جنس Ardea لانه می سازند زندگی اشتراکی دارند. هر دو در یک آشیانه تخم گذاری کرده و جوجه را بزرگ می کنند. این زندگی سبب می شود که اولاً آشیانه هیچ وقت خالی نباشد و ثانیاً با دشمنان بهتر می توانند مبارزه کنند.

کامنسالیسم (همسفرگی)

در زندگی کامنسالیسم^۱ یکی از گونه‌ها همسفره است و گونه دیگر میزبان می‌باشد. همسفره استفاده‌کننده است، ولی به حال میزبان اثری ندارد.

گیاهان رونده و خزه‌هایی که بر روی تنه درختان مسن زندگی می‌کنند زندگی همسفرگی دارند. این گیاهان و خزه‌ها در روی تنه درختان بهتر می‌توانند نور را جذب و رشد کنند اما به حال درخت تأثیری ندارند. سوسک‌های خانواده scarabaeidae مانند سوسک *Scarabeus sacer* که سوسک‌های سیاهرنگی هستند و به جمع‌وجور کردن مدفوع دام‌های مختلف می‌پردازند نیز زندگی کامنسالیسم دارند. به‌طوری که در بعضی مناطق که این سوسک وجود ندارد و مدفوع دام‌ها زیاد است این مدفوع برای محیط زیست مشکلاتی ایجاد می‌کند. حالتی خاص از این نوع زندگی که اصطلاحاً فوزری^۲ گفته می‌شود یک نوع زندگی است که یک موجود زنده فقط به‌عنوان سواری و حمل‌ونقل از موجود زنده دیگر استفاده می‌کند. در این حالت همسفره به‌قدری سبک است که آزاری برای میزبان ندارد.

آمنسالیسم (مه‌ارکنندگی)

در زندگی مه‌ارکنندگی یا آمنسالیسم^۳ دو گونه با هم هستند که یکی از گونه‌ها خسارت می‌بیند اما دیگری نه سود و نه زیان متحمل می‌شود. مثلاً یکی از گونه‌ها، ماده‌ای ترشح می‌کند که ناخواسته و به‌ضرر گونه دیگر است که این حالت را تحت عنوان آلوپاتی^۴، آنتی‌بیوس^۵، تلتوکسی^۶، آنتاگونیستی^۷ و آنتی‌بیوتیکی^۸ نیز مطرح می‌کنند. بررسی این نوع از زندگی در شرایط آزمایشگاهی امکان‌پذیر است. زیرا موادی که یک گونه ترشح می‌کند در شرایط طبیعی اندازه‌گیریشان مشکل است.

در آلوپاتی هرچه منطقه خشک‌تر باشد اثر بیشتر است. چون در منطقه خشک ماده سمی در محیط باقی می‌ماند ولی در مناطق مرطوب در اثر آبشویی از بین می‌رود، توانسته‌اند این مواد سمی را جدا نمایند. در آلوپاتی دوز سمیت مهم است و اینکه روی چه گیاهانی سمی است نیز اهمیت دارد و برخی از محققان به‌دنبال آن هستند که بتوانند گیاهان زراعی به‌وجودآورند که برای علف‌های هرز حالت آلوپاتیک را داشته باشند. این مواد سمی از چهار طریق می‌توانند از گیاه خارج شوند که عبارت‌اند از: تبخیر، تراوش، آبشویی و تجزیه اندام‌های گیاه بعد از مرگ گیاه.

در رابطه با نحوه عمل این مواد شیمیایی طرق مختلفی وجود دارد مانند جلوگیری از جذب عناصر غذایی توسط گیاه دیگر، اختلال در تقسیم سلولی، اختلال در فتوسنتز، تحریک یا اختلال در تنفس، جلوگیری از رشد گیاه مجاور در اثر ممانعت از تولید هورمون‌های رشد و غیره.

1. Commensalism
2. Phoresy
3. Amensalism
4. Allelopathy
5. Antibiose
6. Teletoxie
7. Antagonistic
- 8 Antibiotic

زندگی آمنسالیسم در مورد میکروارگانیسم‌ها نیز مشاهده شده است. مثلاً قارچی به نام *Streptomyces griseus* از رده Actinomycetes سه نوع ماده ترشح می‌کند که عبارت‌اند از: استرپتوماسین^۱ که خاصیت باکتری‌کشی دارد، گدیزین^۲ که این ماده هم خاصیت باکتری‌کشی دارد و اکتی‌دیون^۳ که خاصیت قارچ‌کشی دارد. باکتری *Bacillus subtilis* چهار نوع ماده از خودش ترشح می‌نماید. باستراسین و باسیلین که باکتری‌کش هستند، باسیلوماسین که قارچ‌کش است و سوتیلین که یک آنتی‌بیوتیک همه‌جانبه بوده و باکتری‌کش، قارچ‌کش و پروتوزوآکش می‌باشد.

در بسیاری از حشرات و از جمله در کفشدوزک‌های هفت نقطه‌ای در موقع خطر ماده آلی از انتهای بدن خارج می‌شود که برای دشمنان آن حشره اثر رانشی دارد و خطرناک است.

زندگی شکارگری (صیادی) و انگلی^۴

تغذیه موجودات زنده از موجودات زنده دیگر نیز یک نوع زندگی همزیستی می‌باشد. موجودات زنده‌ای که به‌نحوی از موجودات زنده دیگر تغذیه می‌کنند شکارگر یا انگل می‌باشند. شکارگرها موجودات زنده آزادی هستند که برای به‌دست‌آوردن طعمه به جستجو می‌پردازند. اما انگل‌ها موجودات زنده آزادی نمی‌باشند و حداقل در یک مرحله از زندگی در بدن موجودات زنده دیگر به‌سر می‌برند و برای زندگی احتیاج به میزبان دارند. انگل‌ها چنانچه از سطح خارجی بدن میزبان تغذیه کنند انگل خارجی و اگر از داخل بدن میزبان تغذیه نمایند انگل داخلی نامیده می‌شوند. تفاوت دیگری که بین شکارگر و انگل وجود دارد، این است که شکارگر به‌منظور خوردن طعمه خود او را می‌کشد اما انگل به‌خاطر خوردن، آن‌را نمی‌کشد. زیرا چنانچه چنین نماید ضرر آن در درجه اول به‌خود انگل برمی‌گردد.

انگل یا شکارگر معمولاً در مناطقی حضور می‌یابد که میزبان یا شکار وجود داشته باشد. درجه انتخاب انگل و شکارگر متفاوت بوده و ممکن است پلی‌فاژ (همه‌چیزخوار)، الیگوفاز (چندخوار) و مونوفاز (تک‌خوار) باشند. پلی‌فاژ موجود زنده‌ای است که تعداد زیادی از گونه‌ها را موردحمله قرار می‌دهد یا منابع غذایی متعددی مثل کرم ساقه‌خوار ذرت^۵ دارد که بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی را موردحمله قرار می‌دهد و یا گاو و گوسفند که پلی‌فاژ هستند. گیاه داروآش^۶ یک گیاه انگلی است که حداقل انگل ۵۰ گونه درختی و درختچه‌ای می‌باشد. موجودات زنده‌ای را الیگوفاز می‌گویند که منابع غذایشان محدود است. مثلاً سوسک سبب‌زمینی از گیاهان خانواده سبب‌زمینی تغذیه می‌کند، کرم کدو انگل بدن انسان، خوک، گاو و چند جوندگی است. گونه‌ای گل جالیز بر روی گیاهان خانواده پروانه‌آسا فعالیت می‌کند و بقیه گونه‌های آن مونوفاز هستند. مونوفازها موجودات زنده‌ای هستند که تنها از یک منبع غذایی استفاده می‌کنند مانند سرخرطومی گلابی و کرم ابریشم.

1. Streptomycine

2. Grisenine

3. Actidione

4. Predation & parasitism

5. *Pyrausta nubilalis*

6. *Viscum album*

انگل‌ها در طی دوران زندگیشان ممکن است تغییر رژیم غذایی نیز بدهند و دلیل اینکه آفات و امراض جدید به وجود می‌آیند نیز همین موضوع است. مثلاً آفتابگردان در ابتدا (قرن هیجدهم) که از آمریکا وارد شوروی سابق شد در آنجا هیچ انگل و آفت و بیماری نداشت؛ اما امروزه بیش از ۷۰ بیماری در مورد آن شناخته شده است. معمولاً آفاتی که روی گیاهان زراعی به وجود می‌آیند قبل از آنکه گیاه زراعی کاشت شود در روی گیاهان وحشی آنجا وجود دارند؛ اما پس از کاشت گیاه زراعی این آفات تغییر رژیم غذایی داده و از گیاهان زراعی نیز استفاده می‌کنند. چنانچه انگلی از یک منطقه به منطقه دیگر منتقل شود در بسیاری موارد آن انگل از بین می‌رود. زیرا گونه‌های محلی و بومی قوی‌تر بوده و بهتر با آن منطقه به سازگاری رسیده‌اند. اما گاهی انگل‌ها در محل جدید سازش پیدا می‌کنند و در صورتی که دشمن طبیعی نداشته باشند به سرعت زیاد شده و خسارت زیادی وارد می‌کنند.

رابطه صید و صیادی جزء روابطی است که تا به حال مطالعات زیادی درباره آن صورت گرفته است و از جنبه‌های مختلفی مثل تأثیر صید و صیاد روی کمیت و کیفیت گونه‌ها، تکنیک‌های صیاد برای صید و تکنیک‌های صید برای فرار، نحوه سیر انرژی در رابطه صید و صیادی و غیره مطالعه شده است.

در طی رابطه صید و صیادی نامناسب‌ها گرفتار شده و مناسب‌ها می‌توانند در شرایط موجود زندگی کنند و باقی بمانند و در نتیجه در طول زمان تنها مناسب‌ها در جمعیت باقی می‌مانند. بنابراین، کمیت و کیفیت جامعه صید بهبود پیدا می‌کند. از طرفی جمعیت صیاد هم تغییراتی پیدا می‌کند. چون زمانی که جمعیت صید زیاد شود جمعیتی از صیاد باقی خواهند ماند که بتوانند صیدها را به دست آورند. بنابراین، با تغییر کیفیت جمعیت صید کیفیت جمعیت صیاد هم تغییر می‌کند. اگر از نظر کمی این رابطه را بررسی نماییم خواهیم دید که اگر جمعیت صیاد را در یک منطقه کاهش دهند جمعیت صید آنقدر زیاد خواهد شد که خودشان از بین خواهند رفت. بنابراین، از نظر کمی رابطه صید و صیادی این اثر را دارد که جمعیت صید و صیادی را با شرایط محیطی متعادل می‌کند.

ثابت شده است که روابط بین جمعیت‌ها در طول زمان ممکن است تغییر کند همچنان که در جوامعی که جوان هستند و از تنوع کمی برخوردارند امکان بروز روابط منفی بیشتر است اما در جوامع باثبات، روابط مثبت بیشتر می‌شود. تمام روابط موجود را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد یکی روابط منفی یعنی روابطی که تأثیر بازدارندگی بر روی رشد جمعیت دیگری دارند و دیگری روابط مثبت یعنی روابطی که بر روی رشد جمعیت‌ها تأثیر مثبت دارند.

در ارتباط با روابط منفی ذکر این مطلب حائز اهمیت است که روابط منفی به معنی مضر بودن این رابطه نیست. به عبارت دیگر، به کاربردن اصطلاح مضر بودن به جای منفی بودن صحیح نمی‌باشد. زیرا روابط منفی خود عاملی برای سازگاری‌ها و ایجاد رشد متعادل در جمعیت‌هاست. اگر روابط منفی برداشته شوند ممکن است تراکم یک جمعیت آنقدر افزایش یابد که کل جمعیت در معرض نابودی قرار گیرد. در جوامع جوان و تازه تأسیس امکان بروز روابط منفی شدید، بیش از جوامع مسن و رشد یافته است و در رشد و تکامل

اکوسیستم‌ها روابط منفی به تدریج کاهش یافته و جای خود را به روابط مثبت می‌دهند. انسان امروزه در رابطه با سایر موجودات بسیاری از روابط را از بین برده که نتیجه آن از بین بردن و یا کاهش جمعیت بسیاری از گونه‌ها بوده است. انسان متناسب با احتیاجات خودش و متناسب با اهداف خویش در نقاط مختلف نقش صیاد، انگل، رقیب و سایر نقش‌ها را نسبت به جمعیت‌های دیگر بازی کرده و در نتیجه توازن را در بسیاری از جوامع طبیعی به هم زده است. با توجه به اینکه انسان حداقل در شبکه غذایی طبیعت محصور است؛ نتیجه این به هم زدن تعادل و توازن سرانجام به خودش برمی‌گردد. مگر آنکه استفاده نامطلوب از طبیعت جای خودش را به استفاده با وجدان بیدار و آگاه، بدهد.

اکولوژی جامعه

تعریف و مفهوم جامعه

یک اکوسیستم دارای سطوح مختلفی از حیات است که یکی از مهمترین آنها جامعه^۱ یا مجموعه جمعیت‌ها بوده که تمام عناصر زنده اکوسیستم را دربرمی‌گیرد. شناخت مفهوم جامعه یکی از مهمترین اصول علمی و عملی اکولوژی مدرن است. اهمیت شناخت مفهوم جامعه از لحاظ نظری (علمی) از آنجا ناشی می‌شود که موجودات زنده مختلف در حمایت جامعه معمولاً به‌طور همزیست با هم زندگی می‌کنند یعنی موجودات زنده به‌طور اتفاقی به‌صورت موجودات مستقلى در جامعه پراکنده نمی‌باشند. جامعه زیستی دائماً شکل ظاهری خود را دگرگون می‌سازد (مثلاً یک جنگل در بهار و پائیز دگرگونی زیادی پیدا می‌کند). لیکن با وجود دگرگونی‌های مزبور، جامعه زیستی دارای شکل و کارکردی منحصربه‌فرد و نیز نظام تغذیه و الگوی سوخت‌وساز مشخصی می‌باشد که قابل بررسی هستند. با این حال، نباید تصور کرد که مرزهای بین جامعه‌ها با یکدیگر همیشه به‌طور دقیق قابل تشخیص می‌باشد بلکه گاهی جامعه‌ای به تدریج به جامعه دیگری مرتبط می‌شود و مرز دقیقی بین آنها دیده نمی‌شود.

مفهوم جامعه از نظر اکولوژی عملی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا تحول فرد به تحول جامعه نیز بستگی دارد. بنابراین، بهترین روش کنترل نمودن موجودات زنده مشخص، خواه به‌صورت تشویق و یا بازدارندگی، این است که مستقیماً به موجود حمله نشود بلکه جامعه را تغییر داده تا آن موجود هم تغییر نماید. به‌عنوان مثال، در ارتباط با کنترل علف‌های هرز یک محل، به‌جای شخم‌زدن و سایر روش‌های مبارزه، بهتر است که یک پوشش گیاهی دائمی در منطقه موردنظر به‌وجود آید تا علف‌های هرز قدرت مقاومت و رشد و نمو را در آنجا نداشته باشند.

جامعه عبارت است از مجموعه جمعیت‌های موجودات زنده که در یک منطقه مشخص یا در بستر فعالیت‌های زیستی معینی زندگی می‌کنند. هر جامعه یک واحد سازمان‌یافته است که علاوه بر خصوصیات افراد و جمعیت‌های عضو، خصوصیات مستقل از اجزای تشکیل‌دهنده‌اش را نیز دارد. به‌طوری که این خواص در فرد یا گونه‌ها یا جمعیت‌های آن جامعه دیده نمی‌شود.

1. Community

به طور کلی، جامعه را می توان به دو دسته تقسیم نمود که عبارت اند از جامعه اصلی و جامعه فرعی. جامعه اصلی جامعه بزرگی است که بجز انرژی سایر نیازهایش را از محیط خودش تأمین می کند. به عبارت دیگر، جامعه ای است که مقیاس و تشکیلات آن به حدی است که می تواند نسبتاً مستقل زندگی کند یعنی انرژی اصلی مورد نیاز را از خورشید تأمین می کند. لیکن از جریان های ورودی و خروجی جامعه های مجاور بی نیاز است و بین ورود و خروج مواد یک حالت تعادل وجود دارد. مثل جنگل های مناطق حاره و استوایی و جنگل های مناطق معتدله مرطوب. جامعه فرعی جامعه کوچکتری است که از نظر مواد و انرژی وابسته به جوامع مجاور است و به عبارتی خود کفا نمی باشد. مثل جوامع قارچ ها، باکتری ها، بی مهره گان و غیره.

برای نامگذاری یک جامعه ملاک های مختلفی وجود دارد که عبارت اند از:

۱. خصوصیات ساختمانی جامعه مثل گونه های غالب، شکل رویشی یا گونه های معرف

۲. بستر زیست فیزیکی جامعه

۳. خصوصیات کارکردی جامعه مثل نوع سوخت و ساز جامعه.

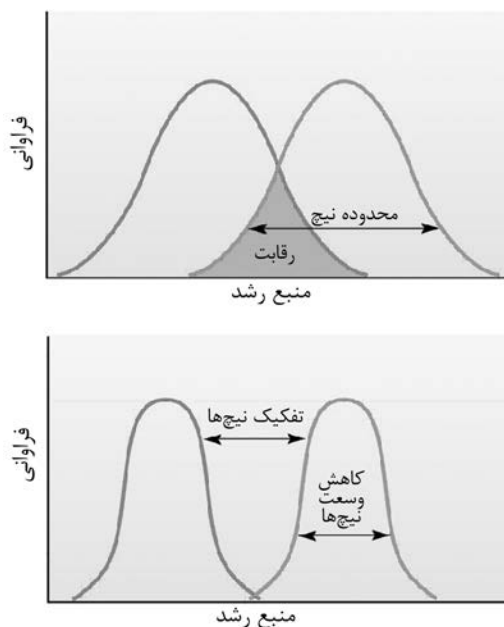
از آنجایی که جامعه از تعدادی موجود زنده ترکیب یافته است، بسیاری از اکولوژیست ها معتقدند که جامعه را باید به اسم گونه های مهم و معمولاً گونه های غالب آن نامگذاری کرد. مثلاً در مورد جامعه های بیابانی ممکن است گیاه درمنه^۱ و یا اسفناج وحشی^۲ گیاهان غالب باشند. در برخی از جوامع مثل جوامع پلانکتونی غالبیت منحصر به یک یا چند گونه نیست بلکه دائماً در طول فصل تغییر می کند و بنابراین معتقدند که خصوصیات ساختمانی منحصر به محیط های معینی است. لذا می توان یکی از خصوصیات غیرزیستی بستر زیست را برای نامگذاری جامعه استفاده کرد. خصوصیات کارکردی برعکس خصوصیات ساختمانی پایه مناسبتری جهت مقایسه کلیه جوامع در بسترهای زیستی مختلف ارائه می دهد. اسم جامعه مثل هر اسم دیگری باید معنی دار و بسیار کوتاه باشد تا مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، بهترین راه نامگذاری جامعه آن است که یک خصوصیت ثابت و آشکار را، خواه مربوط به اجزای زنده و خواه غیرزنده، انتخاب و آن را ملاک نامگذاری قرار دهیم. معمولاً برای نامگذاری جوامع خاکزی گیاهان اصلی بیشتر مورد توجه است. در جوامع آبی می توان از محیط زیست فیزیکی برای نامگذاری استفاده کرد مثلاً جامعه اقیانوسی آب های آزاد (پلاژیک)^۳، جامعه شن های ساحلی^۴ و غیره.

نیچ یا آشیانه اکولوژیکی

اصطلاح نیچ^۵ اولین بار توسط متخصص اکولوژی جانوری که فردی انگلیسی بود، به نام چارلز التون^۶ (۱۹۲۷) و طیبیدان دانشگاه کالیفرنیا، جوزف گرینل^۷ (۱۹۱۷) به کار برده شد. به طور کلی، به وظیفه و نقش کامل یک گونه در یک اکوسیستم، نیچ اکولوژیکی^۸ گفته می شود و به عبارتی نیچ مجموعه منابعی است که تمام نیازهای یک گونه را برای حیات و تولیدمثل تأمین می کند.

1. *Arthemisia* sp.
2. *Atriplex* sp.
3. pelagic (open water) ocean community
4. sand-beach community

5. Niche
6. Charles Elton
7. Joseph Grinnell
8. Ecological Niche



شکل ۱۰-۱ انطباق دو نیچ برای کسب یک منبع رشد و چگونگی تفکیک نیچ‌ها.

منظور از نقش یک گونه در جامعه نه تنها این است که در چه مکانی زیست می‌کند بلکه اینکه در چه موقع و چطور زندگی می‌نماید، از چه منابعی کسب انرژی می‌کند، چه مقاومتی در مقابل تغییرات عوامل محیطی مثل درجه حرارت، رطوبت و غیره دارد، چه روابطی با سایر جمعیت‌ها دارد و خلاصه کلیه خصوصیات زیستی و اکولوژیکی موجود زنده نقش یا نیچ او را در سیستم مشخص می‌کند. نیچ جزء خصوصیات جامعه است و در حقیقت موقعیت هر جمعیت را در ساختمان جامعه مشخص می‌کند و خارج از جامعه مفهومی ندارد. جامعه در واقع بخش زنده اکوسیستم می‌باشد که از نیچ‌های مختلف تشکیل شده و جوامعی که دارای اقلیم‌های مشابه هستند معمولاً دارای نیچ‌های مشابه نیز می‌باشند. این نیچ‌های مختلف به وسیله گونه‌های مختلفی ممکن است اشغال شوند.

مشاهدات و آزمایشات نشان داده که یک نیچ توسط بیش از یک گونه در یک جامعه اشغال نمی‌شود. به عبارت دیگر، در یک جامعه هیچ دو گونه‌ای نمی‌توانند نیچ کاملاً یکسانی را اشغال نمایند زیرا چنانچه دو گونه با خصوصیات نسبتاً مشابهی در یک محیط (نیچ) قرار گیرند، یعنی احتیاج به نیچ یکسانی داشته، یکی از دو گونه با امتیازات هر چند اندکی هم که داشته باشد گونه دیگر را به تدریج از میدان رقابت خارج خواهد کرد (شکل ۱۰-۱). این موضوع به اصل گوس یا اصل طرد رقابتی^۱ معروف است. بنابراین، برای اینکه در یک جامعه گونه‌های مختلف بتوانند زندگی کنند بایستی تفاوت‌هایی در نیچ آنها وجود داشته باشد.

1. Competitive exclusion principle (Gause's hypothesis)

وقتی می‌گوییم یک گونه، گونه دیگر را از میدان رقابت خارج می‌کند همیشه مترادف با این نیست که گونه طرد شده از بین رفته است، بلکه در مواردی که نیچ دو یا چند گونه تا حدودی تشابه داشته باشند و همپوشانی داشته باشند بین گونه‌ها رقابت ایجاد می‌گردد. این رقابت سبب می‌شود که طی یک دوره تکاملی و بر اثر عمل انتخاب طبیعی، نیچ‌های این گونه‌ها جابه‌جا گردیده و درحقیقت عمل تفکیک نیچ‌ها و تفرقه اکولوژیکی صورت می‌گیرد.

این تفکیک و جداسازی ممکن است به صورت‌های مختلف مثل تغییر در محیط عمل موجود زنده، انتخاب نوع غذا، تغییرات ساختمانی، فیزیولوژیکی یا رفتاری باشد. جداسازی نیچ‌ها چه بین گونه‌ای و چه داخل گونه‌ای باعث کاهش شدت رقابت بین موجودات زنده می‌شود. در اکوسیستم‌های جان نیچ وسعت بیشتری دارد ولی در اکوسیستم‌های بالغتر به دلیل تنوع بیشتر، تعداد نیچ‌ها بیشتر اما اندازه نیچ‌ها کوچکتر است.

هرگاه شرایط محیطی دو منطقه (شرایط اقلیمی و محیط فیزیکی) یکسان باشند صرف نظر از فاصله جغرافیایی آنها، اکوسیستم‌هایی که در آن نقاط ایجاد می‌شوند مشابه خواهند بود. به عبارت دیگر، ساختمان جوامعی که در محیط‌های مشابه قرار دارند، به قدری شبیه به هم هستند که نیچ‌های یکسان و همانندی در آنها توسعه می‌یابند. اگرچه ترکیب گونه‌های آنها ممکن است متفاوت باشد. اصطلاحاً به گونه‌هایی که در چنین مناطق جغرافیایی جدا از هم نیچ‌های مشابهی را اشغال می‌کنند معادل‌های اکولوژیکی یا مشابه‌های اکولوژیکی^۱ گفته می‌شود. شباهت‌های فیزیکی بین گونه‌های معادل ممکن است بسیار ناچیز باشد. مثل کانگورو در استرالیا و گاومیش‌های کوهان‌دار در امریکای شمالی.

از آنجا که شرایط محیطی تعیین‌کننده خصوصیات زیستی موجودات زنده می‌باشند، لذا دو گونه که نیچ‌های مشابهی را اشغال می‌کنند تحت شرایط نسبتاً مشابهی قرار دارند و بایستی در طول تکامل خود الزاماً خصوصیاتشان به یکدیگر نزدیک گردند. به این پدیده تکامل همگرایی گفته می‌شود. برای مثال، زرافه و فیل آفریقای که از نظر خویشاوندی بسیار دورند هر دو برای بقای خویش وابسته به شاخ و برگ تک درخت‌های چتر مانند درخت‌های مرتعی هستند که در آفریقای مرکزی قرار دارند. بنابراین، برای گرفتن شاخ و برگ محتاج به عضو گیرنده درازی هستند. طویل شدن گردن در یکی و خرطوم در دیگری ظاهراً چیزی جز انعکاس به این نیاز نمی‌باشد. برعکس، چنانچه دو گونه خویشاوند که خصوصیات نسبتاً مشابهی دارند دو نیچ مختلف را اشغال نمایند، بسته به درجه اختلاف بین دو نیچ به تدریج بین خصوصیاتشان اختلاف عمیق‌تر می‌گردد. این نوع تکامل را تکامل واگرا می‌خوانند. مثلاً در مرغابی، گونه‌هایی که در سطح آب تغذیه می‌کنند پاهایشان در وسط بدن قرار دارد. در حالی که در گونه‌های غواص پاها در عقب تنه قرار گرفته که رفتن به عمق را آسانتر می‌کند.

یک گونه ممکن است در زمان و مکان تغییر نیچ دهد. مثلاً بعضی از پرندگان در تابستان حشره‌خوارند ولی در زمستان به علت اینکه قدرت تولیدی اکوسیستم کاهش می‌یابد به یک سطح غذایی پایین‌تر می‌آیند و علف‌خوار می‌گردند تا بتوانند خودشان را با کمبود غذا وفق دهند. نیچ یک گونه ممکن است در دوران

مختلف زندگی آن موجود زنده نیز متفاوت باشد. برای مثال، بچه‌قورباغه‌ها در آب زندگی می‌کنند و رژیم علفخواری دارند، حال آنکه بالغین اغلب در خشکی می‌باشند و حشره می‌خورند. در بعضی از گونه‌ها نیچی که توسط موجود نر اشغال می‌شود با نیچ موجود ماده متفاوت است. مثلاً در دارکوب‌ها اندازه و شکل منقار پرنده نر و ماده با هم فرق می‌کند و در نتیجه نوع حشراتی که می‌توانند شکار کنند متفاوت است، این خود نوعی تدبیر برای کاهش رقابت درون گونه‌ای می‌باشد.

تنوع

مفهوم تنوع^۱ سال‌هاست که توسط اکولوژیست‌ها شناخته شده است اما واژه تنوع زیستی^۲، یا تمام گونه‌های موجودات زنده موجود در یک اکوسیستم، از سال ۱۹۹۰ مورد توجه زیادی قرار گرفته است. تنوع واژه‌ای است که برای مشخص کردن پیچیدگی یا میزان گوناگونی موجود در جامعه یا یک مکان جغرافیایی استفاده می‌شود. مفهوم تنوع سال‌هاست که توسط دانشمندان در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد تنوع زیستی نیز دارای تاریخچه طولانی است اما آغاز ظهور آن در مفهوم امروزی به حدود سال‌های ۱۹۸۰ برمی‌گردد و از سال‌های ۱۹۹۰ مورد توجه زیادی قرار گرفته است. لاجوی در سال ۱۹۸۰ تنوع زیستی را در مفهوم گونه‌های موجود در جامعه به کار برد و نورس و مک‌مانوس نیز در سال ۱۹۸۰ این واژه را در دو مفهوم تنوع ژنتیکی و تنوع بوم‌شناختی مورد استفاده قرار دادند. با این حال، واژه تنوع زیستی به‌طور کامل اولین بار توسط روزن در سال ۱۹۸۵ معرفی شد و در سال ۱۹۸۸ واژه Biodiversity جانشین Biological diversity به‌عنوان یک واژه کلیدی در Biological Abstract وارد گردید.

طبق ماده ۲ پیمان‌نامه تنوع زیستی که توسط ۱۵۶ کشور در سال ۱۹۹۲ در بخش محیط زیست سازمان ملل متحد مورد تأیید قرار گرفته، تنوع زیستی به معنای گوناگونی بین موجودات زنده در کلیه شکل‌های آن، اعم از موجودات زنده خشکی، دریایی و سایر موجودات زنده اکوسیستم و مجموعه بوم‌شناختی که این موجودات بخشی از آن سیستم قلمداد می‌شوند، تعریف شده است و سه سطح تنوع درون گونه‌ای، تنوع بین گونه‌ای و تنوع اکوسیستم را شامل می‌شود.

هانتر در سال ۲۰۰۲ تنوع زیستی را یک گام فراتر از تعریف مشخص آن "تنوع حیات"^۳ معرفی می‌کند و تنوع زیستی را تنوع حیات در کلیه شکل‌های آن (گیاهان، جانوران، مهره‌داران و بی‌مهره‌گان، قارچ‌ها، باکتری‌ها و دیگر موجودات ریز) می‌داند. هارپر (۱۹۹۶) واژه‌های تنوع ژنتیکی را به جای تنوع درون گونه‌ای، تنوع گونه‌ای را به جای تنوع بین گونه‌ای و "تنوع اکولوژیکی" را به جای تنوع اکوسیستمی پیشنهاد نمود.

تنوع زیستی در سطوح مختلف اعم از ژنتیکی، گونه‌ای و اکولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. تنوع ژنتیکی یا تنوع درون تاکسونی^۴ به تنوع ژن‌های درون یک گونه و یا تعداد آلل‌های ژنی درون یک جمعیت گفته می‌شود. استفاده از گوناگونی صفات به‌ویژه درصد شباهت یا عدم شباهت اسیدهای نوکلئیک و یا



شکل ۲-۱۰ افزایش عملکرد اکوسیستم با افزایش غنای گونه‌ای.

تفاوت‌های ترتیب قرارگرفتن بازها^۱ به‌عنوان شاخصی از تنوع زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تنوع گونه‌ای یا تنوع تاکسونی^۲ به تنوع موجود در بین گروه‌های تاکسونومیکی موجود در نواحی مختلف جغرافیایی می‌پردازد. در تنوع اکوسیستم یا بوم‌سازگان یا تنوع اکولوژیکی ترکیب، ساختار و عملکرد اکوسیستم سه فاکتور مهم در ارزیابی تنوع بوم‌سازگان می‌باشند. همچنین مسیر جریان انرژی نیز باعث تفکیک بوم‌سازگان‌ها از یکدیگر می‌شود.

در هر جامعه تعداد زیادی گونه موجود زنده وجود دارند که همگی در افزایش تنوع جامعه اهمیتی بسزایی دارند. در بحث تنوع سه موضوع از اهمیت خاصی برخوردارند که عبارت‌اند از:

۱. غنای گونه‌ای^۳

۲. یکنواختی تنوع^۴

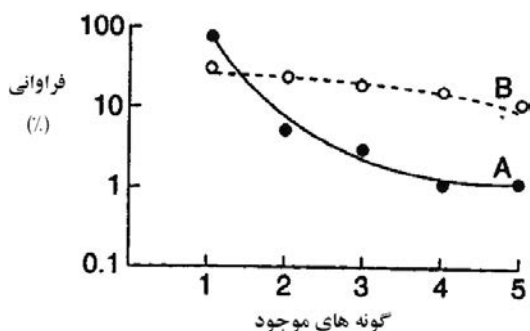
۳. چگونگی پراکنش ترکیب گونه‌ای

منظور از غنای گونه‌ای این است که در جامعه موردنظر چند گونه یافت می‌شوند. مثلاً تعداد گونه‌های موجود در یک هکتار از یک اکوسیستم. برای مقایسه سیستم‌ها از این نظر باید توجه داشت که اندازه نمونه‌های به کاررفته برای دو اکوسیستم بایستی مشابه بوده و ابعاد مناسب داشته باشد. معمولاً با افزایش غنای گونه‌ای، تولید، ثبات و به‌طور کلی، عمل اکوسیستم افزایش می‌یابد (شکل ۲-۱۰).

منظور از یکنواختی تنوع این است که از هر گونه چه مقدار یا چه تعداد یافت می‌شود. اگر دو جامعه هر یک شامل ۱۰ گونه باشد و مجموعاً صد نفر باشند هر دو جامعه دارای غنای گونه‌ای مشابهی هستند. اما اگر در یک جامعه یک گونه دارای ۹۱ نفر و ۹ گونه دیگر هر یک، یک نفر داشته باشد و در جامعه دوم، از هر گونه ۱۰ نفر وجود داشته باشند، مسلماً غنای گونه‌ای یکسانی داشته اما یکنواختی تنوع در دو جامعه بسیار متفاوت است.

موضوع دیگر در تنوع این است که چگونه گونه‌های مختلف در یک طیف تغییرات شرایط محیطی پراکنده شده و به چه ترتیبی نسبت به هم قرار می‌گیرند. در نقاط مختلف یک اکوسیستم شرایط بسیار متفاوت است. مثلاً در نقاط مختلف یک کوه به تدریج با تغییر ارتفاع سایر شرایط نیز مثل درجه حرارت،

1. Base sequence
2. Taxon diversity
3. Species richness
4. Diversity evenness



شکل ۳-۱۰ منحنی فراوانی گونه‌ها برای دو جامعه که هر دو دارای ۵ گونه بوده اما یکنواختی تنوع آنها متفاوت است.

رطوبت، میزان باد و غیره تغییر می‌کند و این تغییرات اغلب به صورت طیفی تدریجی انجام می‌شود. ممکن است گونه‌های موجودات زنده‌ای که در این اکوسیستم وجود دارند به دلیل طیف تغییرات شرایط، به سرعت جای یکدیگر را بگیرند و یا اینکه از بالا تا پایین کوه تقریباً یک ترکیب گونه‌ای وجود داشته باشد. لذا دو جامعه که از نظر و فور نسبی گونه‌ها و غنای گونه‌ای با هم یکی هستند ممکن است از نظر چگونگی پراکنش و ترکیب گونه‌ای در یک طیف شرایط محیط با هم متفاوت باشند.

درجه تنوع یک جامعه بستگی به عوامل زیر دارد:

۱. ثبات و پایداری اکوسیستم (ثبات محیطی): به طور کلی، در محیط‌هایی که شرایط محیط فیزیکی نامناسب باشد، تنوع کم می‌باشد در حالی که در جوامع با ثبات تنوع زیاد است. ثبات^۱ بیشتر در محیط فیزیکی موجب تنوع بیشتر و تنوع بیشتر سبب ثبات بیشتر جامعه می‌گردد.

۲. مرحله رشد جوامع: در جوامع جوان تنوع کم و در جوامع بالغ تنوع زیاد است. هرچه جامعه بالغتر باشد تنوع بیشتر و در نتیجه ثبات جامعه بیشتر می‌گردد.

۳. میزان تولید و باردهی جامعه: اگرچه تولید جامعه و به عبارت دیگر، جریان انرژی در اکوسیستم، تنوع را تحت تأثیر قرار می‌دهد ولی هیچگونه رابطه ساده‌ای بین این دو وجود ندارد. در شرایطی که جوامع مورد مقایسه از نظر ثبات محیطی یکسان و مشابه باشند، هرچه تولید و باردهی بیشتر باشد تنوع بیشتر و ثبات جامعه بیشتر خواهد بود.

برای مثال، جامعه‌ای که در یک جنگل پرباران منطقه حاره وجود دارد با جامعه‌ای که در عمق یک اقیانوس است هر دو دارای ثبات محیطی هستند. اما از نظر تنوع قابل مقایسه نیستند که این به دلیل تولید و باردهی بیشتر جنگل‌های پرباران است. به همین صورت اگر دو اکوسیستم ناپایدار مثلاً مناطق کویری و مصب رودخانه‌ها را در نظر بگیریم، تنوع در آنیکه تولید بیشتری دارد بیشتر است.

۴. رابطه عملی بین سطوح غذایی مختلف در جامعه: رابطه عملی بین سطوح غذایی مختلف تأثیر مهمی بر تنوع جامعه دارد. هرچه فعالیت و رابطه سطوح معتدلتر باشد تنوع زیاده‌تر و ثبات جامعه بیشتر است. به عنوان مثال، در جوامعی که صیادان فعالیت متعادل دارند عمل آنها باعث تنظیم تراکم علفخواران غالب گردیده و لذا از رقابت بی‌مورد آنها با سایرین کاسته می‌شود و این خود به افزایش سایر گونه‌های علفخوار منجر می‌شود. رابطه مشابهی بین علف و علفخواران مشاهده می‌شود. چراغی متناسب علفخواران مانع انحصاری شدن مرتع به وسیله یک یا دو گونه گیاه غالبی که از آن شرایط خاص بهره‌ی بهتری می‌برند گردیده و به دیگران نیز فرصت رشد خواهد داد. از طرف دیگر، صید و یا علفخواری بیش‌ازحد خود باعث برهم خوردن تعادل طبیعی سیستم شده و تنوع جامعه را به شدت کاهش می‌دهد. برای مثال، چنانچه جمعیت جوندگان (موش، خرگوش و غیره) در یک سیستم بالا رود، منجر به چراغی بیش‌ازحد گیاهان می‌گردد و در نتیجه رویش گیاهی را کاهش می‌دهد و با این ترتیب خود و سایر گیاهخواران را در تنگنای غذایی قرار می‌دهد. در این شرایط تعدادی از گونه‌ها از محیط عمل خارج شده و یا تعدادشان کاهش می‌یابد. به علاوه، این وضع باعث سخت شدن خاک مرتع می‌گردد و آنرا در معرض فرسایش آب و باد قرار می‌دهد. گروهی از گونه‌های بیگانه نیز که با این وضع سازگاری داشته باشند وارد شده و به سرعت منطقه را تحت نفوذ خود قرار می‌دهند. گیاهان غیربومی که در شرایط معمولی قدرت رقابت با گونه‌های بومی را نداشته در این شرایط تمام منطقه را اشغال می‌کنند و محلی برای موجودات بومی باقی نمی‌گذارند. نتیجه نهایی این وضع کاهش تنوع و انحصاری شدن محیط به وسیله گونه‌های معدودی از گیاهان و حیوانات است. در این حالت چون سیستم ساده شده و هم ترکیب گونه‌ای آن دگرگونی زیادی یافته است، در مقابل شرایط نامساعد آسیب‌پذیر بوده و ثباتی ندارد. انسان به عنوان قویترین و باهوش‌ترین صیاد چنین حالتی را ایجاد نموده، اغلب سیستم‌های طبیعی متنوع را از بین برده و به جای آنها سیستم‌های مصنوعی تک‌گیاهی و تک‌حیوانی (مثل ذرت، گندم، یونجه، گاو یا گوسفند و غیره) را جایگزین کرده است. چنین سیستم‌هایی از نظر تنوع بسیار فقیر بوده و لذا در مقابل صدمات پایداری ندارند به طوری که با شیوع یک آفت، بیماری یا عامل نامساعد، کل سیستم در معرض خطر نابودی قرار می‌گیرد.

به طور کلی، در جوامع جوان و محیط‌هایی که شرایط فیزیکی نامناسبند تنوع کم بوده و کنترل جامعه در دست عوامل غیرزنده است؛ درحالی که در محیط‌های باثبات و مناسب و در جوامع بالغ تنوع زیاد بوده و اکوسیستم به وسیله عوامل زنده خویش کنترل می‌شود.

اگر بخواهیم از نظر انرژی این مطلب را بررسی نماییم می‌توانیم رابطه تنفس به وزن زنده ($\frac{R}{B}$) یا نسبت شرویدینگر در سیستم‌ها را مورد استفاده قرار دهیم. می‌دانیم که از انرژی وارده به یک اکوسیستم بخشی به وسیله گیاهان جذب می‌شود که از آن قسمتی به مصرف حفظ، نگهداری و ترمیم گیاهان، حیوانات و خلاصه کلیه موجودات جامعه می‌رسد که به انرژی تنفسی (R) موسوم است و قسمتی دیگر به صورت ماده آلی در بدن گیاهان و حیوانات یا در خاک و موجودات خاکزی ذخیره می‌شود که وزن زنده (b) نامیده

می‌شود. در محیط‌های باثبات یعنی محیط‌هایی که نسبت R/B کوچک است، قسمت کمی از انرژی صرف نگهداری و ترمیم اعضای زنده آن می‌شود و بخش عمده‌اش به‌صورت وزن زنده در اکوسیستم انباشته می‌شود و لذا چنین جوامعی از نظر مواد و انرژی غنی بوده و قسمت عمده امکانات خود را صرف افزایش تنوع می‌کنند. درحالی‌که اگر نسبت R/B بزرگ باشد، به این معنی است که به‌دلیل نامساعدبودن شرایط اقلیمی یا نوسانات شدید سایر عوامل فیزیکی، مقدار زیادی از انرژی جامعه صرف ترمیم و نگهداری حیات در اکوسیستم می‌گردد و سهم کمی به وزن زنده تبدیل می‌شود. در نتیجه در این جوامع تنوع اغلب کم می‌باشد. در اکوسیستم‌های مناطق استوایی و نیمه‌استوایی نسبت R/B کوچک و تنوع زیاد است و در مناطق نامساعد قطبی و سایر محیط‌های نامناسب و سیستم‌های جوان و محیط‌های آلوده مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌های آلوده، نسبت R/B بزرگ و تنوع کم است.

به‌طور کلی، در بحث پیرامون رابطه بین ثبات محیط غیرزنده و میزان تنوع می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

۱. ثبات محیطی سبب به‌وجود آمدن تنوع و تخصص می‌گردد. به عبارت دیگر، هر چه محیط باثبات‌تر گردد، تنوع زیادتر شده و نقش هر گونه تخصصی‌تر می‌شود. تخصصی شدن نتیجه رقابت بین گونه‌هاست که منجر به تفکیک نیچ‌ها می‌گردد. تخصصی شدن سبب می‌شود که اولاً راندمان جمعیت هر گونه در برطرف کردن نیازها و احتیاجاتش افزایش یابد و ثانیاً جمعیت در رقابت با سایر گونه‌ها موفق‌تر باشد. به‌عکس، در محیط‌های بی‌ثبات فقط گونه‌هایی می‌توانند زنده بمانند و تولیدمثل کنند که نسبت به نوسانات زیاد محیطی سازگاری یافته باشند. بنابراین، در این گونه محیط‌ها تنوع کم است. و گونه‌ها به اصطلاح ژنرالست^۱ (دارای تخصص کم و همه‌کاره) هستند. در چنین محیط‌های تخصصی‌بودن نه تنها شانس زنده ماندن یک گونه را افزایش نمی‌دهد بلکه آن‌را به شدت کاهش داده و می‌تواند سبب نابودی گردد.

با افزایش تنوع زنجیره‌های غذایی طولانی‌تر و شبکه‌های غذایی پیچیده‌تر و همزیستی بین گونه‌ها بیشتر می‌گردد و نتیجه تمام این موارد این است که دامنه نوسانات باید در یک حد مشخص باشد و از آن حدود تجاوز نکند. این وضع موجب حفظ تعادل گونه‌ها و در نتیجه ثبات اکوسیستم می‌گردد.

۲. در یک اکوسیستم هر چه تعداد نیچ بیشتر شود دامنه هر نیچ محدودتر می‌گردد. به عبارت دیگر، هر چه تعداد گونه‌ها زیادتر گردد تعداد افراد هر گونه کم می‌شود. این امر به دلیل آن است که هر چه تنوع زیادتر گردد امکانات زیستی بایستی بین گونه‌های بیشتری تقسیم گردد و در نتیجه ابعاد نیچ‌ها یا تعداد افراد هر گونه محدودتر می‌گردد. اگر رابطه کلی بین تنوع و درجه اهمیت هر گونه (مثلاً نفرات هر گونه) را برای جوامع بررسی کنیم، به‌صورت منحنی مقعری درخواهد آمد که دارای گونه‌های زیادی با نفرات کم و گونه‌های معدودی با نفرات زیاد می‌باشد.

لازم به ذکر است که در سیستم‌های آلوده تنوع کاهش می‌یابد. زیرا آلودگی باعث انقراض و یا مهاجرت گونه‌های زیادی که با شرایط نامساعد جدید سازگاری ندارند می‌گردد. در عوض امکانات فراوان برای گونه‌های معدودی به‌جا می‌ماند که یا مقاومت به آلودگی مربوطه دارند و یا اینکه خود را با آن تطبیق می‌دهند. به علاوه، گونه‌های بیگانه که با این شرایط بتوانند زندگی کنند نیز وارد جامعه می‌شوند و به تدریج کاهش تنوع و تغییرات ترکیب گونه‌ای به سیستم مربوط شکل خاصی را که ویژه آن آلودگی است خواهد داد. گونه‌های موجود در محیط‌های آلوده با توجه به امکانات فراوان موجود به سرعت تکثیر پیدا می‌کنند و در نتیجه هرچه محیط آلودگی بیشتری داشته باشد، تنوع کمتر و نفرات گونه‌های باقیمانده بیشتر خواهد بود. این خود معیار خوبی برای سنجش درجه آلودگی محیط‌های مختلف می‌باشد که در مقیاس وسیع به کار گرفته می‌شود.

تنوع را در مقیاس‌های متفاوتی می‌توان بررسی نمود و بر این اساس سه نوع تنوع آلفا (α)^۱، تنوع بتا (β)^۲ و تنوع گاما (γ)^۳ وجود دارند.

تنوع آلفا تنوع درون زیستگاهی است که در واقع همان تنوع گونه‌های یافت شده در یک اجتماع، زیستگاه یا بوم‌سازگان خاص می‌باشد. بیشتر مطالعات در ارتباط با تنوع آلفا است. تنوع بتا یا تنوع زیستگاهی، تفاوت ترکیب گونه‌ای و تغییرات تنوع را در زیستگاه‌ها و محیط‌های مختلف نشان می‌دهد و مشابه تنوع بین زیستگاهها است. از طریق مطالعه تنوع بتا می‌توان سرعت تغییرات گونه‌ای (تعداد یا یکنواختی آن‌ها) را در بین جوامع مختلف و یا در طول شیب‌های محیطی متفاوت بررسی نمود.

هرچه تعداد گونه‌های مشترک کمتری در جوامع مختلف وجود داشته باشند مقدار تنوع بتا بیشتر خواهد بود. از نظر تئوری تنوع بتا بین زیستگاه‌های مختلف و یا در جوامع متفاوت اندازه‌گیری می‌شود. شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری تنوع بتا معرفی شده‌اند که دو شاخص ساده زیر برای اندازه‌گیری تنوع بتا بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

$$\beta_w = \frac{s}{a} - 1 \quad ۱. \text{ شاخص ویتاکر}$$

$$\beta_t = \frac{G+L}{Za} \quad ۲. \text{ شاخص ویلسون و شمیدا}$$

که در این معادلات s = تعداد کل گونه‌های گزارش شده در سیستم، a = تعداد متوسط گونه‌های گزارش شده در نمونه یا میانگین غنای گونه‌ای، G = تعداد گونه‌های اضافه شده در طول گرا دیان، L = تعداد گونه‌های ازدست داده شده در طول گرا دیان می‌باشد.

به عنوان مثال در آزمایشی در یک زیستگاه طبیعی نتایج زیر در شش کوادرات در طول یک ترانسکت جمع آوری شده‌اند (۱ = حضور و ۰ = عدم حضور).

1. Alpha diversity

2. Beta diversity = Diffrentiation diversity

3. Gamma diversity

ترانسکت

گونه‌های گیاهی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	تعداد حضور
توس	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۳
بلوط	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۶
بارانک	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۲
راش	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۳
فندق	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۲
فاس	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۲
تعداد کل حضور	۲	۲	۳	۳	۴	۴	-

$$\beta_w = \frac{S}{a} - 1 = \frac{6}{3} - 1 = 1 \quad \text{شاخص ویتاکر}$$

$$\beta_r = \frac{G+L}{2a} = \frac{4+2}{2 \times 3} = 1 \quad \text{شاخص ویلسون وشمیدا}$$

شاخص‌های دیگر مانند شاخص کدی^۱ و شاخص روتلج^۲ و نیز روش‌های جایگزین متعددی مانند مطالعه درجه همبستگی و یا شباهت مناطق برای اندازه‌گیری تنوع بتا مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طوری‌که یکی از آسانترین روش‌های دیگر اندازه‌گیری بتا استفاده از ضرایب تشابه^۳ می‌باشد. شاخص‌های تشابه متعددی وجود دارد که از رایجترین آنها شاخص تشابه سورنسون^۴ و شاخص تشابه جاکارد^۵ می‌باشند.

$$S_s = \frac{2a}{2a+b+c} \quad \text{شاخص تشابه سورنسون:}$$

$$S_j = \frac{a}{a+b+c} \quad \text{شاخص تشابه جاکارد:}$$

a = تعداد گونه‌های مشترک موجود در هر دو منطقه A و B.

b = تعداد گونه‌های موجود در منطقه A که در منطقه B حضور ندارند.

c = تعداد گونه‌های موجود در منطقه B که در منطقه A حضور ندارند.

این شاخص‌ها بین صفر (عدم تشابه کامل) و یک (شباهت کامل) متغیر است. مهمترین مزیت شاخص‌های تشابه، سادگی آنها و بزرگترین عیب آنها عدم در نظر گرفتن فراوانی گونه‌ها می‌باشد.

تنوع گاما: تنوع گاما یا تنوع منطقه‌ای، تنوع در واحدهای بزرگتر و یا در یک چشم‌انداز^۶ می‌باشد. غنای گونه‌ای در یک محدوده مشخص از زیستگاهها در یک منطقه جغرافیایی خاص تنوع گاما نامیده می‌شود که خود دارای تنوع α و β می‌باشد. به عبارتی تنوع گاما عبارت است از تنوع گونه‌ای در مقیاس جغرافیایی.

1. Cody's measure
2. Routledge measure
3. Similarity coefficients
4. Sorensen's similarity index
5. Jaccard's similarity index
6. Landscape

برای اندازه‌گیری تنوع که یکی از مهمترین مفاهیم در اکولوژی می‌باشد، در ابتدا نیاز به طبقه‌بندی تاکسونومیکی روشن و دقیقی از موجودات زنده می‌باشد. به‌طور کلی، چهار روش برای ارزیابی تنوع گونه‌ای مورد توجه اکثر دانشمندان اکولوژی می‌باشند که عبارت‌اند از: (۱) اندازه‌گیری غنای گونه‌ای، (۲) شاخص‌های عمومی تنوع و یکنواختی گونه‌ای، (۳) مدل‌های وفور گونه‌ای، (۴) روش‌های گرافیکی. این روش‌ها و سایر روش‌های اندازه‌گیری تنوع را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم نمود که شامل شاخص‌های عددی^۱ و شاخص‌های غیر عددی یا پارامتری^۲ می‌باشند.

شاخص‌های عددی: این گروه از شاخص‌ها با ارائه یک عدد به‌عنوان نتیجه، تنوع را در یک واحد نمونه‌برداری یا در یک جامعه نشان می‌دهند. این شاخص‌ها بسته به اینکه فقط از مؤلفه غنای گونه‌ای یا تنها از مؤلفه یکنواختی و یا از هر دو مؤلفه‌های غنا و یکنواختی استفاده نمایند به سه گروه شاخص‌های غنای گونه‌ای^۳، شاخص‌های یکنواختی^۴ و شاخص‌های هتروژنیته^۵ تقسیم می‌شوند.

از جمله شاخص‌هایی که براساس کل گونه‌ها و تعداد کل افراد در تمام گونه‌ها معرفی شده‌اند شاخص تنوع مارگالف^۶ و شاخص منهینیک^۷ می‌باشد.

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{I_n N} \quad \text{شاخص مارگالف:}$$

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad \text{شاخص منهینیک:}$$

که در آن S: تعداد کل گونه‌ها، N: حجم یا اندازه نمونه یا تعداد کل افراد در نمونه و $I_n N$: لگاریتم طبیعی N یا $\text{Log}_e N$ می‌باشد.

به‌هنگام استفاده از این شاخص‌ها باید تمام گونه‌ها در حجم نمونه با اندازه یکسان جمع‌آوری شوند. اما ممکن است حجم نمونه‌ها با هم یکی نباشند که برای حل این مشکل از روش‌هایی مانند: روش ریرفکشن^۸، تخمین جک‌نایف^۹، روش بوت استرپ^{۱۰} و تخمین منحنی سطح-گونه^{۱۱} استفاده می‌نمایند.

در شاخص‌های هتروژنیته اندازه‌گیری یکنواختی و غنای گونه‌ای را با هم در نظر می‌گیرند. این شاخص‌ها به دو گروه شاخص‌های مبتنی بر تئوری اطلاعات^{۱۲} و شاخص‌های مبتنی بر غالبیت^{۱۳} تقسیم می‌شوند.

تئوری اطلاعات بیان میزان عدم اطمینان موجود در پیش‌بینی صحیح داده‌ها با آگاهی از بخشی از اطلاعات درمورد آن داده‌ها می‌باشد. از مهمترین شاخص‌های این گروه می‌توان شاخص تنوع شانون-واینر^{۱۴} یا شاخص

1. Numerical indices
2. Parametric indices
3. Species richness measures
4. General indices of species diversity and evenness
5. Heterogeneity indices
6. Margalef's diversity index
7. Manhinick's index
8. Rarefaction or Rarefraction
9. Jackknife estimate
10. Bootstrap procedure
11. Species-area curve estimate
12. Information theory indices
13. Dominance measures
14. Shannon-wiener index

تنوع عمومی شانون را نام برد.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i L_n P_i = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) L_n \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

P_i : سهم افراد در گونه نام نسبت به کل که به صورت $P_i = \frac{n_i}{N}$ تعریف می شود.

مقدار این شاخص با افزایش تعداد گونه های جامعه زیاد می شود و از نظر تئوری به مقادیر بالایی نیز ممکن است برسد اما در عمل مقدار آن در جوامع زیستی از عدد ۵ تجاوز نمی کند. مقدار آن معمولاً بین ۱/۵ تا ۳/۵ قرار می گیرد و به ندرت به بیش از ۵ می رسد. اگر تنها یک گونه وجود داشته باشد و یا جامعه تحت تنش یا تخریب باشد این شاخص برابر صفر و تنها زمانی که همه گونه ها تعداد افراد یکسانی داشته باشند و یا جامعه دور از آلودگی و تنش باشد مقدار آن حداکثر خواهد بود. در واقع هرچه شاخص شانون کمتر باشد گویای شرایط سخت جامعه است. هرچه شاخص شانون عدد بزرگتری باشد غالبیت بین تعداد گونه های بیشتر تقسیم شده است.

مثال: فراوانی تعداد ۱۰۰ فرد که متعلق به ۵ گونه در یک جامعه هستند در جدول زیر نشان داده شده است؛ عدد شاخص شانون برای جامعه مورد نظر $H' = ۱/۲۱$ می باشد.

گونه موجود زنده	فراوانی	P_i	$\ln(P_i)$	$P_i \ln(P_i)$
A	۵۰	۰/۵۰	۰/۶۹	-۰/۳۵
B	۳۰	۰/۳۰	-۱/۲۰	-۰/۳۶
C	۱۰	۰/۱۰	-۲/۳۰	-۰/۲۳
D	۹	۰/۰۹	-۲/۴۱	-۰/۲۲
E	۱	۰/۰۱	-۴/۶۱	-۰/۰۵
جمع	۱۰۰	۱		$-۱/۲۱ \quad H' = ۱/۲۱$

مثالی از رابطه شاخص شانون، غالبیت و تعداد گونه

شاخص شانون H'	تعداد افراد			گونه ۱
	گونه ۳	گونه ۲	گونه ۱	
۰/۳۳	-	۱۰	۹۰	سیستم دو گونه ای (۱)
۰/۶۹	-	۵۰	۵۰	سیستم دو گونه ای (۲)
۰/۸۲	۱۵	۱۵	۷۰	سیستم سه گونه ای (۳)
۱/۱۰	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	سیستم سه گونه ای (۴)

شاخص دیگری که در ارتباط با شاخص شانون محاسبه می گردد شاخص یکنواختی تنوع^۱ می باشد.

$$e = \frac{H'}{\log s}$$

که H شاخص تنوع عمومی و S تعداد گونه‌ها می‌باشد. هرچه شاخص یکنواختی تنوع بیشتر باشد ثبات جامعه بیشتر و غالبیت بین تعداد گونه‌های بیشتر تقسیم شده است. گروه دوم از شاخص‌های هتروژنیته شاخص‌های مبتنی بر معیارهای غالبیت می‌باشند چرا که این شاخص‌ها به جای اندازه‌گیری غنای گونه‌ای، فراوانی غالب‌ترین گونه‌ها را محاسبه می‌کنند. معروفترین این شاخص‌ها عبارت‌اند از: شاخص سیمپسون^۱، شاخص مک‌این‌تاش^۲ و شاخص برگ-پارکر^۳. اما قبل از بیان شاخص سیمپسون به‌عنوان یکی از مهمترین این شاخص‌ها، مفهوم غالبیت اکولوژیکی^۴ بررسی می‌گردد.

غالبیت اکولوژیکی^۵

کلیه موجودات زنده‌ای که در یک جامعه وجود دارند دارای ماهیت و عملکرد یکسانی نیستند. بلکه از میان صدها یا شاید هزاران گونه موجود فقط تعداد معدودی یا گروه نسبتاً کوچکی از گونه‌ها وظیفه اساسی در تعیین نقش و طبیعت جامعه بازی می‌کنند. این تأثیر ممکن است به وسیله تعداد زیاد، اندازه بزرگ، تولید مواد زیاد، جریان انرژی سریع و سایر فعالیت‌های آنها انجام گیرد. به چنین گونه‌هایی که رل و نقش مؤثرتر از سایر گونه‌ها در جامعه دارند غالبین اکولوژیکی گفته می‌شود.

اهمیت نسبی موجودات در جامعه، ربطی با درجه خویشاوندی گونه‌ها ندارد و گونه‌های غالب^۶ جامعه، اغلب از گروه‌هایی غیرخویشاوند می‌باشند. بنابراین، طبقه‌بندی موجودات غالب در جامعه خارج از رهندهی معمول گیاهی و حیوانی بوده و بیشتر به وظیفه آنها توجه می‌نماید. معمولاً جوامع دارای گروه‌های غذایی تولیدکنندگان (گیاهان سبز)، مصرف‌کنندگان (گیاهخواران و گوشتخواران) و تجزیه‌کنندگان (قارچ‌ها و باکتری‌ها) می‌باشند. در بین این گروه‌های غذایی گونه یا گونه‌هایی که قسمت اعظم جریان انرژی اکوسیستم را کنترل می‌کنند و یا به‌نحو دیگر اثری مهمتر از دیگران بر محیط وارد می‌سازند، به‌نام غالبین اکولوژیکی شناخته می‌شوند. سایر موجودات زنده جامعه (بجز غالبین اکولوژیکی) نقش‌شان در جامعه کمتر بوده اما از نظر ایجاد و افزایش تنوع که خود عامل مهم دیگری در جامعه است، نقش مهمی بازی می‌کنند.

خارج‌نمودن موجودات غالب از اکوسیستم، نه‌تنها باعث تغییرات زیادی در جامعه می‌شود بلکه در محیط غیرزنده نیز اثرات عمیق بر جا خواهد گذاشت. چنانچه در یک جنگل معتدله در ختان غالبی مثل بلوط را ریشه‌کن نمایند، تمامی حیواناتی که به‌نحوی از آن استفاده می‌کردند (تغذیه، لانه‌سازی و غیره) و همین‌طور گیاهانی که در پناهگاه‌شان زندگی می‌کردند از جامعه خارج خواهند شد. این وضع به عده‌ای از گیاهان بیگانه فرصت خواهد داد که وارد جامعه شوند و همراه خود حیوانات وابسته‌شان را نیز وارد عمل نمایند. تغییرات وسیعی نیز در ترکیب میکروارگانیسم‌های خاک به‌وقوع خواهد پیوست. علاوه بر تغییرات زیستی، تغییراتی نیز در

1. Simpson
2. Macintosh
3. Berger- Parker
4. Ecological dominance
5. Ecological dominance
6. Dominant species

محیط فیزیکی خاک اتفاق خواهند افتاد مانند تغییرات در جریان توسعه خاک جنگل (بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و ساختمان خاک و غیره)، آب و هوای محیط، سطح آب زیرزمینی و میزان فرسایش خاک. در یک سطح غذایی اعم از تولیدکننده یا مصرف کننده معمولاً غالبین آنهايي هستند که نقش تولیدی مهمتری دارند. برای موجودات بزرگ وزن کل زنده شاخص خوبی در نشان دادن درجه اهمیت می باشد؛ ولی این معیار الزاماً درباره موجودات کوچک صادق نیست. زیرا در این موجودات جریان حرکت انرژی سریع است و ممکن است سهم بزرگی از بودجه انرژی سیستم را به عهده داشته باشند درحالی که وزن زنده کل آنها زیاد نباشد. در گیاهان درختی سطح مقطع کل درخت در منطقه می تواند شاخص خوبی برای تعیین درجه اهمیت یک گونه می باشد. در گیاهان مرتعی سطح کل پوشیده شده به وسیله کپه های گیاهی به عنوان شاخص به کار می رود. تمامی شاخص ها هنگامی قابل استفاده اند که موجودات قابل مقایسه دارای روابط یکسانی بین متابولیسم و اندازه باشند. مثلاً اهمیت نسبی یک گونه باکتری و یک گونه درخت را که دارای متابولیسم و اندازه متفاوت می باشند، نمی توان با یک شاخص واحد اندازه گرفت و مقایسه کرد.

به طور کلی، در اغلب جوامع خشکزی، پیدازدن (دانه دادن) نه تنها بین اتوتروف ها بلکه در کل جامعه غالبیت دارند. زیرا که آنها قسمت عمده وزن زنده جامعه را تشکیل می دهند، قسمت عمده انرژی و مواد سیستم را مصرف و به جریان می اندازند و بالاخره پناه و غذا برای سایر موجودات می باشند. در جوامعی که گیاهان جثه بزرگی ندارند مثل مراتع و همین طور در سیستم های آبی حیوانات ممکن است تأثیر مهمی در جامعه به عنوان موجود غالب داشته باشند. در مورد باکتری ها و قارچ ها هر چند که بعضی از آنها مهمتر و فعالتر از دیگران می باشند اما معمولاً کلمه غالب به کار نمی رود.

چگونگی توزیع غالبیت در جامعه در تعیین طبیعت آن جامعه اثر قابل توجهی دارد. جوامعی که در محیط های سخت مثل نواحی قطب شمال، نواحی خشک و یا نقاطی با شرایط شیمیایی نامناسب به سر می برند، غالبیت بین گونه های معدودی تقسیم شده است. لذا نوسانات جمعیت هر گونه، می تواند باعث نوساناتی در سایر شئون جامعه شود. برعکس، در مناطق مناسب به خصوص در جوامع استوایی که شرایط آب و هوایی باثبات و کم نوسان می باشند، غالبیت به وسیله گروه کثیری از موجودات مشترکاً اعمال می شود. بنابراین، تغییرات حاصله در هر کدام به وسیله دیگران جبران شده و اثرات عمیقی بر جامعه نمی گذارد. به عبارت دیگر، هر چه توزیع غالبیت در جامعه یکنواختتر باشد جامعه از ثبات و پایداری بیشتری برخوردار است.

برای بیان و مقایسه جوامع از نظر چگونگی توزیع غالبیت معیارهای مختلفی وجود دارد که یکی از آنها شاخص غالبیت^۱ (c) می باشد که به نام شاخص سیمپسون^۲ نیز معروف است و به صورت فرمول زیر بیان می شود:

$$c = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

که در آن n_i مقدار اهمیت هر یک از گونه ها (تعداد، بیوماس، تولید و غیره) است و N مجموع درجه اهمیت جامعه می باشد.

مثال: دو جامعه که هر یک دارای ۵ گونه است مورد نظر است. در جامعه A درجه اهمیت هر کدام از گونه‌ها ۲ می‌باشد. در جامعه B یک گونه درجه اهمیتی برابر ۶ و چهار گونه دیگر هر کدام درجه یک دارند. شاخص غالبیت برای دو جامعه مذکور چند است؟

$$CA = \left(\frac{2}{5}\right)^2 + \left(\frac{2}{5}\right)^2 + \left(\frac{2}{5}\right)^2 + \left(\frac{2}{5}\right)^2 + \left(\frac{2}{5}\right)^2 = 0.8$$

$$CB = \left(\frac{6}{5}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2 = 0.4$$

هرچه عدد شاخص غالبیت (c) بزرگتر باشد غالبیت در گونه‌های کمتری متمرکز شده و هرچه عدد شاخص غالبیت کمتر باشد تفاوت‌ها کمتر است. یعنی توزیع غالبیت یکنواخت‌تر است و ثبات بیشتری دارد. در مثال فوق غالبیت در جامعه A بهتر از جامعه B توزیع شده است.

علاوه بر گونه‌های غالب، در یک جامعه ممکن است گونه‌هایی از موجودات زنده وجود داشته باشند که لزوماً تعداد یا بیوماس زیادی نداشته باشند که به عنوان گونه‌های غالب گفته شوند اما اثرات زیادی بر ساختمان جامعه داشته باشند؛ این گونه‌ها را به عنوان گونه‌های کلیدی^۱ می‌نامند. به عنوان مثال، در آزمایشی گونه‌ای ستاره دریایی (*Pisaster ochraceus*) را از قسمتی از اکوسیستم آبی در واشنگتن خارج نمودند مشاهده گردید که هرچند تعدادشان در دریاچه مورد آزمایش زیاد نبودند که جزء گونه‌های غالب باشند اما با حذف آنها صدف‌های دوکفه‌ای که غذای این گونه ستاره دریایی بودند فراوان گشته و تمام اکوسیستم را فرا گرفتند. برخی از گونه‌ها از طریق تأثیر بر محیط بر ساختمان جامعه اثرات زیادی به جا می‌گذارند که به آنها گونه‌های بنیادی^۲ گفته می‌شود. به عنوان مثال، سگ آبی^۳ از طریق قطع کردن و انداختن درختان و ساختن سد، بر که و محیط مرطوبی را برای حضور و تجمع گونه‌های دیگر فراهم می‌نماید.



1. Keystone species
2. Foundation species
3. Beaver

الگوی جامعه

وجود انواع مختلف گونه‌ها و فراوانی نسبی آنها را نباید تنها عوامل مؤثر در تنوع و ثبات جامعه دانست و درواقع الگوی آرایشی موجودات و فعالیت‌هایی که برطبق برنامه انجام می‌دهند، در ایجاد ثبات و کارکرد جامعه سهم بسزایی دارند. بنا به تعریف از نظر اکولوژی به ساختمان خاصی که در اثر پراکندگی موجودات زنده و رابطه‌شان با محیط ایجاد گردیده طرح یا الگوی جامعه گفته می‌شود. به‌طور کلی، موجودات یک جامعه در زمان و مکان طوری پراکنده شده و نسبت به هم قرار گرفته‌اند که بتوانند از همه امکانات اکوسیستم در هر وقت و مکان مناسب به‌بهرترین وجه استفاده نمایند. موجودات مختلف جامعه دارای خصوصیات و احتیاجات متفاوتی می‌باشند و از آنجا که نقاط مختلف یک سیستم در هر زمان خصوصیات متفاوتی دارند، موجودات جامعه طوری در زمان و مکان پراکنده شده‌اند که:

اولاً - خصوصیاتشان با محیط تطابق داشته باشد.

ثانیاً - احتیاجات به‌نحوی مطلوب برآورده شود.

ثالثاً - از همه امکانات سیستم (انرژی و مواد) به بهترین وجهی بهره‌برداری نمایند.

به‌عنوان مثال، انرژی قبل از همه سطوح غذایی در اتوتروف‌ها تثبیت می‌گردد و سپس به سایر سطوح غذایی راه می‌یابد. لذا گیاهان سبز بایستی به منبع انرژی نزدیکتر از دیگران باشند و در عمل اغلب آنها در ارتفاع بالاتری از موجودات دیگر قرار می‌گیرند که به خورشید نزدیکتر از سایر موجودات زنده باشند. در یک اکوسیستم آبی (دریا یا آب شیرین) گیاهان به‌صورت موجودات کوچک میکروسکوپی شناور در آب (فیتوپلانکتون‌ها) در سطح آب قرار گرفته‌اند، جانوران کوچک شناور که از فیتوپلانکتون‌ها تغذیه می‌نمایند در عمق پایین‌تری فعالیت می‌کنند و ماهی‌های گوشتخوار که از این جانوران کوچک تغذیه می‌کنند باز هم در قسمت عمیق‌تر وجود دارند و بالاخره ریزه‌خوارانی که از مازاد غذای دیگر گروه‌ها و اجسادشان تغذیه می‌کنند و همچنین تجزیه‌کنندگان در پایین‌ترین قسمت یعنی نواحی کف و رسوبات عمیق زندگی می‌کنند. بنابراین، سطوح مختلف غذایی طوری نسبت به هم قرار می‌گیرند که انتقال مواد از سطحی به سطح دیگر به ساده‌ترین وجه انجام گیرد.

اجزای مختلف یک سطح غذایی نیز به‌نوبه خود دارای ترتیب خاصی می‌باشند. مثلاً در یک جنگل معتدله درختان غالب همیشه بالاترین پوشش را تشکیل می‌دهند که از انرژی بیشتری بهره‌برده و بر دیگران سایه می‌اندازند. در طبقه پایین‌تر درختان کوتاه‌قدتر و بعد درختچه‌ها و بوته‌ها قرار می‌گیرند. در زیر بوته‌ها، علف‌ها ممکن است کف جنگل را بپوشانند و روی خاک جنگل ممکن است به‌وسیله خزها پوشیده شده باشد. اگر احتیاجات نوری این لایه‌ها را مورد بررسی قرار دهیم می‌بینیم که هرچه به‌طرف پایین‌تر می‌آیم طبقات به نور کمتری احتیاج دارند و در نتیجه نور ضعیفی که توانسته از طبقات بالاتر عبور نماید نیز توسط طبقات پایین‌تر قابل بهره‌برداری است و با توجه به اینکه با شرایط سازش یافته‌اند ممکن است چنانچه نور شدید مهیا گردد (مثلاً درختان بلند قد قطع گردند) در فعالیت و رشدشان اختلال ایجاد می‌شود و ممکن است منطقه را ترک کنند.

به طور کلی، از نظر فضایی و مکانی دو نوع الگوی پراکندگی وجود دارد:

۱. الگوی پراکندگی در سطح عمود (لایه بندی یا اشکوب بندی)^۱

۲. الگوی پراکندگی در سطح افق (منطقه بندی)^۲

گروههای مختلف گیاهان و حیوانات از نظر زمانی نیز دارای طرح ترتیبی می باشند و به نحوی در اکوسیستم واقع شده اند که هر گروه در زمان مشخص از سال یا روز فعالیت اصلی خود را دارد. از نظر زمانی تغییرات در فعالیت ها را به چند گروه تقسیم می کنند:

۱. تغییرات روزانه^۳ یا ۲۴ ساعته: تغییراتی هستند که در مدت ۲۴ ساعت یا کمتر از آن روی می دهند. مثلاً

استراحت بسیاری از موجودات و بسیاری از مکانیسم های فیزیولوژیکی موجودات زنده مثل ترشح آنزیم ها و هورمون ها که عموماً دارای چرخه های ۲۴ ساعته هستند. اینها توسط ساعت بیولوژیکی تنظیم می شوند. منظور از ساعت بیولوژیکی نظمی است که به وسیله کنش های توأم محیط زیست و فیزیولوژی موجودات زنده جامعه ایجاد می شود. این گونه ها را از نظر زمان فعالیت به سه گروه تقسیم می کنند:

(الف) روز فعال^۴

(ب) شب فعال^۵

(ج) موجوداتی که در طلوع و غروب فعال اند.^۶

۲. تغییرات ماهانه: این تغییرات به خصوص در اکوسیستم های آبی که دارای جزرومد هستند و همچنین در اکوسیستم هایی که تغییرات ماهانه در شرایط محیطی باشد حائز اهمیت است.

۳. تغییرات فصلی در مناطقی که تغییرات محیطی فصلی وجود دارند مشاهده می شود و اغلب موجب تغییرات کلی ساختمان جامعه در طی سال می گردند. مثلاً در مناطق معتدله مهاجرت بسیاری از موجودات، به خواب زمستانه رفتن، گل دادن و ریزش برگ ها تغییرات فصلی دارند. در مناطق حاره که تغییرات فصلی مشاهده نمی شود انواع مختلف گونه ها در دوره های به خصوص در طی سال تغییراتی را از خود نشان می دهند. لیکن این تغییرات در تمام گونه ها همزمان صورت نمی گیرد و بنابراین محسوس نیست.

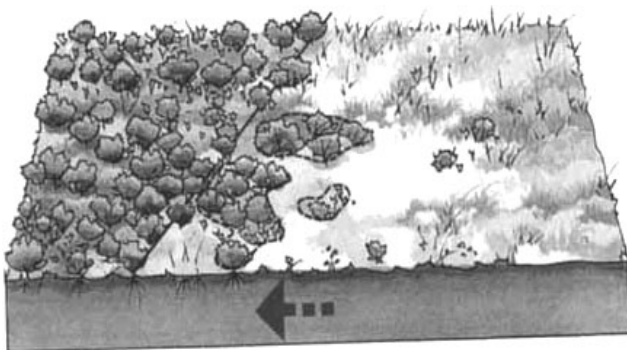
وجود طرح ترتیب زمانی علاوه بر اینکه امکانات سیستم را در همه اوقات به کار می گیرد، جامعه را در مقابل شرایط نامناسب از نابودی حفظ می نماید. مثلاً چنانچه سرمای بیش از حد یا آتش سوزی، سیلاب و سایر عوامل نامناسب اتفاق افتد، فقط بر آن دسته از موجودات جامعه که مشغول فعالیت هستند تأثیر نامناسب خواهد داشت و دیگران از آن به طور نسبی محفوظ خواهند ماند.

حاشیه

اکوتون^۷ یا حاشیه عبارت است از محلی که دو یا چند جامعه متفاوت با هم مرز مشترک دارند یا به عبارت

1. Stratification
2. Zonation
3. Daily periodicity
4. Diurna

5. Nocturnal
6. Crepuscular
7. Ecoton



شکل ۴-۱۰ نمایی از یک حاشیه.

دیگر، حاشیه عبارت است از منطقه میان دو یا چند جامعه زیستی مختلف. مثل جامعه حد فاصل جنگل و علفزار (شکل ۴-۱۰) یا جامعه حد فاصل بستر دریایی کف سخت و کف نرم. اغلب وسعت حاشیه کمتر از جوامع مجاور است و معمولاً گسترش طولی زیادی دارد. لیکن از جامعه‌هایی که در دو طرف آن قرار دارند باریکتر است. حاشیه برای خود جامعه خاصی دارد که معمولاً از نظر تنوع غنی‌تر از جوامع مجاورشان می‌باشد. بسیاری از گونه‌های جوامع مجاور معمولاً در جامعه حاشیه عضویت دارند. لیکن علاوه بر این حاشیه دارای تعدادی گونه مخصوص به خود نیز می‌باشند. بنا به تعریف گونه‌هایی که در درجه اول در منطقه تلاقی دو جامعه به سر می‌برند یا اینکه فراوانی آنها در منطقه مزبور بیش از مناطق مجاور است و یا قسمت اعظم عمر خود را در آنجا می‌گذرانند، گونه‌های حاشیه^۱ نامیده می‌شوند. بنابراین، غالباً تعداد گونه‌ها و تراکم جمعیت برخی از گونه‌ها در حاشیه بیشتر از جوامع مجاور است.

مثلاً سار معمولی مناطق حاشیه‌ای را ترجیح می‌دهد. زیرا که لانه را در درختان ایجاد می‌کند درحالی که در محیط‌های باز تغذیه می‌نماید. بسیاری از پرندگان و گنجشکان برای آوازخوانی احتیاج به نقطه بلندی دارند که معمولاً درختان را برای این کار استفاده می‌کنند؛ درحالی که در محیط‌های باز (مراتع) تغذیه و تولیدمثل می‌کنند. لذا حاشیه بین جنگل و مرتع را بر سایر محیط‌ها ترجیح می‌دهند. همچنین بعضی مرغابی‌ها از مرداب‌ها تغذیه می‌کنند درحالی که در علف‌های کناره آب و گاهی در مسافتی دور از آب لانه می‌سازند.

بیچر^۲ تحقیقی روی پرندگان در منطقه وسیعی که شامل قسمت‌های گوناگون باتلاقی و تپه‌ای بوده انجام داده و دریافته است که اگر باتلاق به‌طوری انبوه پوشیده از نی باشد، تعداد لانه پرندگان آن کمتر از جامعه‌ای خواهد بود که نی‌ها در آن به‌طور انبوه نبوده بلکه به‌صورت قطعات مجزا از هم قرار گرفته است.

تولید مصنوعی حاشیه بین جوامع از نظر پرورش حیوانات شکاری حائز اهمیت عملی است. به‌طور مثال، در باتلاق‌هایی که پوشش گیاهی انبوه و یکنواخت است برای جلب مرغابی‌ها و وادار کردن آنها به تولیدمثل،

1. Edge species

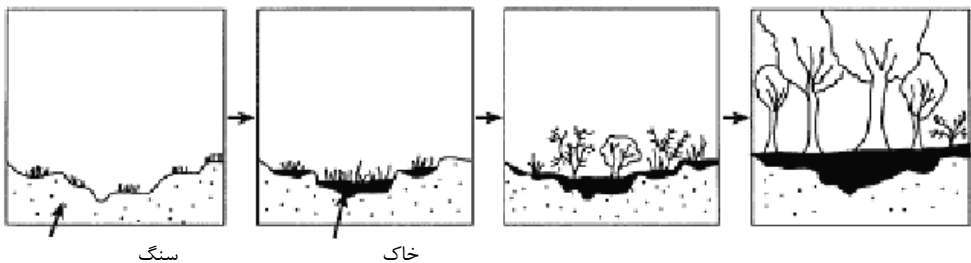
2. Beecher

قسمت‌هایی از نی‌ها را به‌طور نواری قطع می‌کنند تا آب بدون پوشش گیاهی و قطعات پوشیده از نی مخلوط با هم محیط را بپوشانند. به‌عبارت دیگر، مقدار حاشیه را در واحد سطح افزایش می‌دهند. همین عمل را در سیستم‌های خشکی با قطع درختان قسمت‌هایی از جنگل و تولید فضای باز برای جلب حیواناتی مثل آهو و باقرقره و سایر حیوانات حاشیه دوست انجام می‌دهند.

انسان از دیرباز به اهمیت حاشیه واقف بوده و همواره سعی نموده منطقه زندگی خود را به‌صورت مخلوطی از جوامع مختلف درآورد و مقدار حاشیه را در واحد سطح به‌حداکثر افزایش دهد. بدین علت چنانچه در جنگل سکونت کرده، به قطع قسمتی از درختان مبادرت ورزیده است و چنانچه در دشت زندگی کرده، در اطراف خویش به پرورش درخت اقدام کرده است. حاصل این وضع جلب حیوانات و گیاهان حاشیه‌ای به مناطق مسکونی انسان می‌باشد و با توسعه قلمرو انسان جمعیت این گونه موجودات از قبیل سار، گنجشک خانگی، بعضی از گونه‌های کبک‌ها و آهوان افزایش یافته است.

تغییرات جامعه

یکی از مهمترین خصوصیات جامعه تغییرات^۱ آن است. تحولات کوتاه‌مدت جامعه و اکوسیستم موضوع بحث توالی اکولوژیکی^۲ است. اما اینکه چگونه حیات از فرم‌های ابتدایی و ساده خود در طی دوران‌های گذشته تکامل یافته و فرم پیچیده و متنوع امروزی را پیدا نموده و همچنین چگونگی سازمان‌یافتن آن در اکوسیستم‌ها، موضوع بحث علم تکامل است. به‌عبارت دیگر، در توالی تغییرات کوتاه‌مدت اکوسیستم و در تکامل تغییرات بسیار طولانی و درازمدت اکوسیستم بررسی می‌شود.



توالی اکولوژیکی

توالی عبارت‌است از تغییراتی که در ساختمان و عمل اکوسیستم به‌طریقی خاص اتفاق می‌افتند و دارای سه خصوصیت اساسی می‌باشند که عبارت‌اند از:

۱. این تغییرات به‌صورت فرایندی منظم و جهت‌دار صورت می‌گیرند که به‌مرور زمان در ترکیب گونه‌ای ساختار و عمل جامعه مشاهده می‌شوند. بنابراین، چون تغییرات توالی جهت‌دار هستند می‌توان در هر مرحله مراحل بعدی توالی را پیش‌بینی نمود.

۲. توالی به علت تغییرات ایجادشده به وسیله جامعه در محیط فیزیکی اکوسیستم، اتفاق می افتد. به عبارت دیگر، توالی پدیده‌ای است تحت کنترل جامعه هرچند که محیط فیزیکی می تواند بر سرعت آن اثر کرده و سرعت آن را تا حدودی تغییر دهد یا برای آن تغییرات محدودی قائل شود.

۳. توالی پس از طی مراحل به ایجاد اکوسیستم باثباتی منتهی می شود که شکل و ساختمان آن به شرایط محیط بستگی خواهد داشت؛ بنابراین نتیجه توالی در نهایت ایجاد جامعه باثبات که متعادل با شرایط محیطی باشد خواهد بود.

قبل از بررسی تغییرات توالی لازم است که به توضیح چند واژه مرتبط با بحث توالی پرداخته شود:

۱. مرحله نهایی یا قله یا کلیماکس

قله^۱ آخرین مرحله‌ای است که سیستم در اثر پیمودن مراحل توالی به آن می رسد. در این مرحله جامعه به مرحله خودبسی می رسد یعنی تمام احتیاجاتش (بجز انرژی خورشید) را خود فراهم می سازد و کنترل خویش را به دست می گیرد. به علاوه روابطش از نظر تبادل انرژی و مواد با اکوسیستم های مجاور متعادل گردیده، بخش زنده و غیرزنده اکوسیستم با هم به حال تعادل درآمده و کنترل سیستم در دست عوامل زنده آن قرار می گیرد.

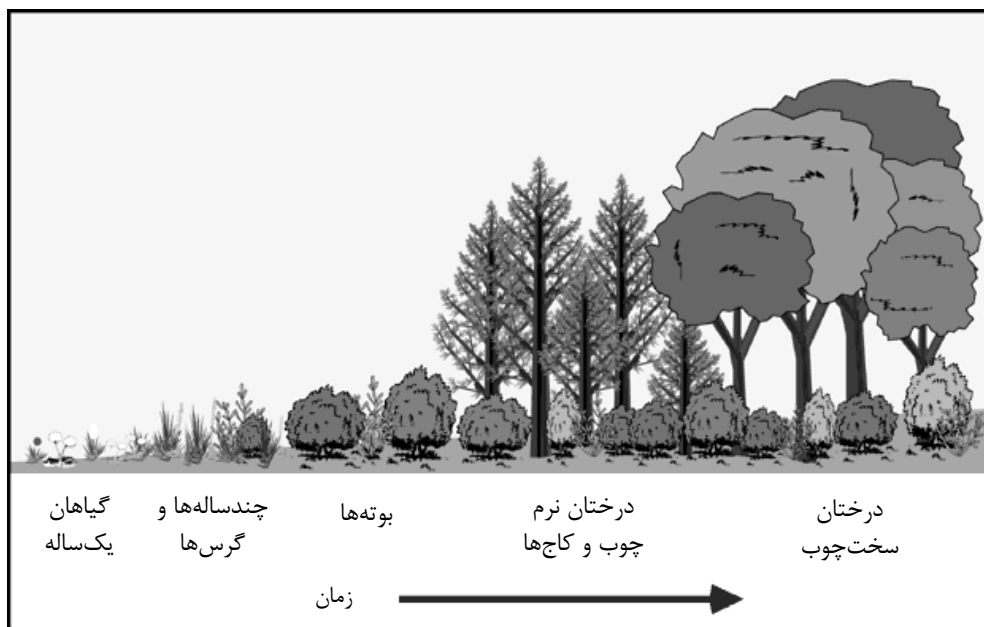
۲. مراحل پله‌ای

در جریان توالی مراحل که برای رسیدن به مرحله قله طی می شود به نام مراحل پله^۲ نامیده می شوند. یا جوامعی که قبل از مرحله کلیماکس در یک اکوسیستم به وجود می آیند به نام جوامع مراحل پله‌ای نامیده می شوند.

مثال: در منطقه‌ای که قبلاً آتشفشانی به وجود آمده پس از خاموش شدن آتشفشان، کلسنگ ها هستند که می توانند شرایط موجود را تحمل کنند. این گیاهان اولیه شروع به شکستن سطح مواد آتشفشانی کرده و در نتیجه نوعی خاک ساده را تشکیل می دهند. پی از مردن گلسنگ ها و جلبک ها بقایایشان به عنوان نوعی منبع غذایی برای تجزیه کنندگان به شمار می رود. ماده آلی به دست آمده وضع خاک را مناسبتر و به عنوان ماده خام مورد استفاده گیاهان بعدی قرار می گیرد. به تدریج گیاهان پیشگام شرایط زیست را بهبود می بخشند و علف های چمنی مقاوم و گیاهان علفی دیگر (غیر چوبی) در آنجا مستقر می شوند و از طریق شکستن سطح مواد آتشفشانی به کمک ریشه هایشان و نیز بقایای ماده آلی حاصله، روند تشکیل خاک را ادامه می دهند. علف های چمنی و گیاهان علفی به تدریج بر جلبک ها و گلسنگ هایی که قبل از همه در آنجا روئیده اند سایه می افکنند و غالب می شوند. به تدریج که توسعه خاک افزایش یافته و شرایط زیست بهبود پیدا می کند، بوته ای ها هجوم آورده و بسیاری از علف های چمنی و گیاهان علفی را مغلوب می سازند و بالاخره درختچه ها و درختان در منطقه رشد کرده و جای گیاهان قبلی را می گیرند. در این مرحله معمولاً تغییرات چندانی در نوع گیاهان موجود ایجاد نشده و اکوسیستم به حالت تعادل خواهد رسید. همراه با این تغییر و توسعه در اجتماعات گیاهی، تغییرات مشابهی در اجتماعات جانوران اکوسیستم نیز اتفاق افتاده و بسته به شرایط موجود در اکوسیستم حیوانات مختلف در مراحل مختلف ظاهر خواهند شد.

1. Climax

2. Seral stages



شکل ۵-۱۰. نمایی از یک سیر توالی در بین گونه‌های گیاهی.

۳. سر

هر منطقه‌ای بسته به شرایط محیطی خاص خودش دارای جوامع مختلفی خواهد بود و به کلیه جوامعی که در یک توالی به وجود می‌آیند سر^۱ گفته می‌شود. بسته به شرایطی که توالی تحت آن شرایط صورت گرفته اصطلاحات مختلفی به کار برده می‌شوند. به عنوان مثال، توالی که در شرایط بسیار خشک شروع می‌شود زیروسر^۲ و توالی که در آب شروع شود هیدروسر^۳ نامیده می‌شوند.

۴. جامعه پیشاهنگ

در هر محلی به اولین جامعه‌ای که در جریان توالی تشکیل می‌شود جامعه پیشگام یا پیشاهنگ یا پیشرو^۴ گرفته می‌شود.

۵. توالی اولیه

روند توالی در مکان‌هایی که قبلاً هیچ اکوسیستمی در خود نداشته‌اند را توالی اولیه^۵ می‌گویند. توالی اولیه وقتی اتفاق می‌افتد که قبلاً هیچ جامعه‌ای در آنجا تشکیل نشده باشد مانند تپه‌های شنی، دلتاها، آتشفشان‌ها و تپه‌های پوشیده از برف و یخ و برکه‌های جدید.

1. Sere
2. Xerosere
3. Hydrosere
4. Pioneer community
5. Primary succession

۶. توالی ثانویه

توالی ثانویه^۱ عبارت است از روند توالی اکولوژیکی در مناطقی که قبلاً دارای اکوسیستم بوده ولی از توسعه و رسیدن به مرحله بلوغ و باثبات قله به وسیله یک عامل تسخیرکننده مثل چرا یا آتش جلوگیری شده است. به عبارت دیگر، توالی ثانویه توالی است که در نقاطی انجام می شود که قبلاً در آن مراحل از توالی صورت گرفته است.

۷. توالی معکوس

یک اکوسیستم در فرایند توالی خویش پس از طی مراحل پله ای به کلیماکس خواهد رسید مشروط به اینکه در این مدت هیچ عامل خارجی قوی دخالت ننماید. چنانچه چنین دخالتی صورت گیرد یعنی در مسیر توالی عواملی ناگهانی بروز کنند (مثل آتش سوزی، سیل، زمین لرزه، دخالت شدید انسان و غیره) بسته به قدرت عامل مربوطه، توالی یک یا چند پله به عقب برخواهد گشت. در چنین حالتی می گوئیم توالی معکوس^۲ یا مخرب اتفاق افتاده است. به عنوان مثال، اگر جنگلی به قله رسیده طعمه آتش شود بسته به میزان و وسعت خسارت، آن را به صورت علفزار نیمه جنگلی یا بوته زار درآورده و یا آن را کاملاً بسوزاند در چنین حالتی می گوئیم توالی معکوس در جنگل اتفاق افتاده است.

اگر مرتعی که به وسیله علف های دائمی متنوعی پوشیده شده و در مرحله قله است، مورد چرای دام قرار گیرد مرتع بسته به شدت چرا در مراحل توالی بازگشت خواهد کرد. چنانچه شدت چرا متناسب با وضع مرتع باشد در آن تغییری اتفاق نخواهد افتاد، اگر فشار زیاد باشد منطقه ممکن است به صورت علفزاری که گیاهان یک یا دو ساله آن را پوشیده اند در آید. هرچه فشار چرا بیشتر باشد پوشش گیاهی تنگ تر شده و بالاخره اگر خیلی بیش از اندازه چرانیده شود مرتع از پوشش گیاهی خالی خواهد شد. در چنین وضعیتی خاک در معرض فرسایش آب و باد قرار خواهد گرفت و ممکن است سنگ بستر نمایان شود. در چنین حالتی درواقع توالی به اولین پله ی خود برگشت داده شده است. نمونه این وضع را در بسیاری از مناطق مرتعی ایران به خصوص نواحی کوهستانی خشک می توان دید که در اثر چرای بی رویه مراتع، خاک ها به شدت فرسایش یافته و چند گونه از علفی ها که ارزش علوفه ای ندارند مثل تلخه پوشش گیاهی را تشکیل می دهند. برای اصلاح چنین وضعی مدت زمانی دراز لازم است تا توالی دوباره پوشش سبز این مناطق را به حال اول بازگرداند.

بسیاری از اکوسیستم ها در مناطقی وجود دارند که حوادث برهم زننده طبیعی (سیل، آتش سوزی و غیره) مرتباً اتفاق می افتند و هربار سیستم را چند پله به عقب برمی گردانند، لذا درطول یک دوه تکامل جوامع این مناطق با چنین حوادثی سازش حاصله نموده است به طوری که اگر از بروز آن حوادث به طور مصنوعی جلوگیری شود وضع کلی سیستم دگرگون خواهد شد. مثلاً بسیاری از جنگل های سوزنی برگ یا مخلوط مناطق معتدله با آتش سوزی های طبیعی که در اثر رعدوبرق ایجاد می شوند سازش دارند و آتش برای بقای شان لازم است؛ میوه بعضی از گونه های کاج در این مناطق به علت داشتن صمغ فراوان گشوده نمی شوند،

1. Secondary succession
2. Destructive succession

مگر آنکه به وسیله آتش سوزی صمغ آنها بسوزد تا دانه آنها آزاد گردد. لذا چنانچه در این مناطق از آتش سوزی طبیعی جلوگیری شود سوزنی برگان به تدریج از توالی خارج خواهند شد که خسارت جبران ناپذیری بر صنایع چوب آن مناطق خواهد گذاشت.

۸. عوامل اتوژنیک

به مجموعه عواملی که از داخل جامعه بروز کرده و سبب پیشبرد توالی می شوند عوامل اتوژنیک^۱ گفته می شود. برای مثال، تغییر رطوبت محیط به وسیله موجودات زنده آن محیط یا تغییرات درجه حرارت ناشی از ازدحام جمعیت و غیره.

۹. عوامل آلوژنیک

عواملی که از خارج جامعه رسوخ کرده و بر روند توالی تأثیر می گذارند عموماً آلوژنیک^۲ نامیده می شوند مانند ورود مواد شیمیایی به یک دریاچه.

۱۰. نظریه مونو کلیماکس یا تک اوجی

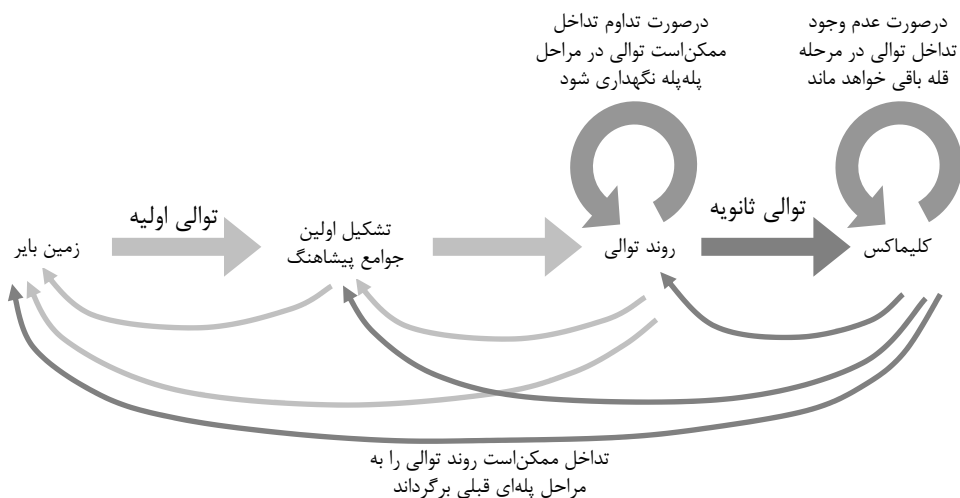
کلمنتس در ۱۹۱۶ اظهار داشت که جامعه کلیماکس دقیقاً تحت تأثیر اقلیم منطقه ایجاد می شود. طبق نظریه مونو کلیماکس^۳ در یک منطقه دارای آب و هوای خاص (اقلیم خاص) در طی زمان و به دور از تأثیر عوامل خارجی، یک جامعه کلیماکس با الگویی متناسب با شرایط منطقه به وجود می آید و باقی می ماند. طبق این نظریه هر نقطه ای از جهان را در نظر بگیریم شرایط محیطی خاصی دارد که نهایتاً در آنجا تنها یک جامعه اصلی متناسب با شرایط محیطی آن منطقه به وجود می آید.

۱۱. نظریه پلی کلیماکس

در سال ۱۹۳۹ تنسلی نظریه پلی کلیماکس^۴ را جایگزین نظریه تک اوجی نمود. طبق این نظریه علاوه بر عوامل محیطی عوامل دیگری به نام عوامل محلی نیز در تشکیل جامعه کلیماکس دخالت دارند و بنابراین در هر منطقه علاوه بر عوامل فیزیکی محیط (به عنوان عوامل نهایی)، عوامل دیگری مثل خاک، توپوگرافی، بازندگی، شدت چرا توسط دام و غیره نیز می توانند در تعیین انواع گونه های جامعه کلیماکس دخالت داشته باشند. در نتیجه در یک منطقه وسیع می تواند چند جامعه کلیماکس ایجاد گردد.

در مرحله قله عموماً از ورود گونه های جدید (مهاجم) به وسیله افراد جامعه جلوگیری می شود و ورود مهاجمی کمتری صورت می گیرد. اگر موجود زنده، دامنه اکولوژیکی وسیعی داشته باشد در اصطلاح آن را گونه همه جازی^۵ می نامند. این موجود احتمال بیشتری برای زندگی دارد. چنین موجوداتی متعلق به یک اقلیم خاص نیستند مانند برخی علف های هرز. اگر انتشار موجود زنده فقط به محیط خاصی محدود گردد آن را اندمیک^۶ یا بومی می نامند مانند گیاهانی که در قله یک کوه زندگی می کنند. اصولاً بومی شدن به دو حالت

1. Autogenic factors
2. Allogenic factors
3. Monoclimax theory
4. Polyclimax theory
5. Cosmopolite
6. Endemic



شکل ۶-۱۰ مراحل توالی. توالی ثانویه ممکن است در هر مرحله‌ای بعد از تشکیل اولین جوامع پیشاهنگ اتفاق بیافتد.

امکان‌پذیر است: (۱) بومی شدن با سابقه تاریخی یا اتوکتون^۱، مانند درخت عظیم سکویا که در واقع فسیل زنده‌ای است که از زمان‌های قدیم بر جای مانده است، و (۲) بومی شدن پس از مهاجرت یا الوکتون^۲ مانند درخت *Pinus radiata* که در ایران به صورت بومی درآمده است.

توالی‌های ثانویه غالباً منتج به تشکیل یک دیس کلیماکس^۳ می‌شود که وضعیت ظاهراً پایدار اکولوژی است که با دخالت انسان ایجاد شده است. مانند بیابان حاصل از جنگل‌زدایی که با کلیماکس واقعی تفاوت زیادی دارد. عواملی وجود دارد که مراحل توالی اجتماعات را پیش از رسیدن به حدود نقطه اوج (کلیماکس) کند یا متوقف می‌کنند و در نتیجه به نقطه اوج یا قله نمی‌رسند و اصطلاحاً در یک مرحله پیش کلیماکس^۴ باقی می‌مانند؛ مانند تالاب‌های کنار دریاها. جانشینی‌هایی را که منجر به تشکیل کلیماکس نهایی نمی‌گردد جانشینی‌های مخرب (توالی مخرب)^۵ می‌گویند. در برخی موارد در رابطه با جانشینی سری‌ها دیده می‌شود که پس از گذشت زمان معینی جامعه اولیه به‌طور خودبه‌خود مجدداً در محل استقرار پیدا می‌کند؛ این گونه سری‌ها به سری‌های تحولی دوره‌ای^۶ معروف‌اند. گاهی برخلاف آنچه که در مورد سری‌های پیش‌رونده مشاهده می‌شود، در نهایت به یک کلیماکس نخواهیم رسید بلکه در انتهای آن یک گروه ساده گیاهی نظیر آنچه در مورد گروه‌های پیشگام دیده می‌شود به وجود خواهد آمد که به آنها سری‌های تحولی قهقراپی^۷ می‌گویند. معمولاً انسان سبب اصلی به وجود آمدن این نوع سری‌ها می‌باشد.

1. Autochton
2. Allocton
3. Disclimax
4. Preclimax
5. Destructive successions
6. Evolutionary series
7. Regressive series

تغییرات تدریجی توالی

خلاصه تغییرات تدریجی در جریان توالی در جدول ۲-۱۰ آورده شده است. همراه با جریان توالی تغییراتی در ساختمان و عمل اکوسیستم ایجاد می شوند. هرچه در جریان توالی جلوتر می رویم جثه موجودات بزرگتر، وزن زنده اکوسیستم بیشتر، راندمان جذب انرژی بهتر گردیده و نسبت بیشتری از انرژی به صورت رشد و تولیدمثل به وزن زنده اکوسیستم تبدیل می گردد و لذا نسبت کمتری به صورت تنفس خارج می شود. به عبارت دیگر، هر واحد وزن اکوسیستم انرژی کمتری برای تنفس و حفظ حیات خویش درمقایسه با مراحل اولیه توالی احتیاج دارد و لذا بخش بزرگتری از آن به مصرف رشد کم و کیفی حیات جامعه می رسد. مقدار انرژی یک اکوسیستم و مقدار کل بیوماسی که در یک اکوسیستم سیر می کند تا حد زیادی تابع جثه موجودات تشکیل دهنده آن سیستم است. هرچه جثه موجودات زنده در یک اکوسیستم کوچکتر باشد بیوماس که در هر سطح غذایی تجمع پیدا کرده کمتر خواهد بود و بالعکس هرچه جثه بزرگتر باشد بیوماس که در هر سطح غذایی انباشته شده بیشتر است. این موضوع ارتباط مستقیمی با میزان انرژی دارد. به این معنی که با افزایش جثه موجودات سیر انرژی در این موجودات از مقدار بیشتری برخوردار است؛ و بالعکس. هرچه جثه بزرگتر میزان مصرف انرژی به ازای واحد وزن کمتر خواهد شد. مثلاً یک مرغ شهدخوار به ازای هر واحد وزن چیزی حدود ۱۵۰ برابر وزن خودش درمقایسه با انسان غذا مصرف می کند.

طول عمر موجودات در مراحل اولیه توالی کوتاه است ولی هرچه در پله های توالی جلوتر می رویم به طول عمر افزوده تر می گردد و در عوض موجودات مراحل پله برای جبران کوتاهی عمر خود فعالیت تولیدمثل زیادتری دارند. به تدریج که عمر افراد طولانی تر و تضمین شده تر می شود از تعداد زادگان کاسته می شود.

چنانچه در زمینی فعالیت های کشاورزی موجود تعطیل گردد، در سال اول عده معدودی علف های یک ساله وارد زمین خواهند شد و رشد و تولیدمثل خواهند کرد. این گیاهان وضع عمومی خاک را از نظر غذایی و خصوصیات فیزیکی و ساختمانی بهتر خواهند کرد. در سال بعد ممکن است در میان علف های یک ساله، چند گیاه چندساله دیده شوند. آنها به تدریج جای علف های یک ساله را خواهند گرفت و در نتیجه از منابع و امکانات نه تنها در فصول مساعد بلکه در سایر فصول نیز تا حدودی استفاده خواهند کرد. هرچه زمان بگذرد پوشش گیاهی منطقه زیادتر، وزن زنده گیاهان بیشتر شده و متناسب با آن جانوران نیز وضع مشابهی خواهند یافت. علف های چندساله جای خود را به بوته ای ها و آنها جای خود را به درختان بلند و دائمی داده و در مرحله نهایی جنگل مخلوطی از گیاهانی مانند بلوط، راش، فندق و گردوی وحشی ممکن است جای مزرعه قبلی را بگیرند. در هر مرحله عده ای مشخص از گیاهان و حیوانات پیدا می شوند که باعث بهتر شدن محیط فیزیکی و زیستی خاک و شرایط اقلیمی می گردند، رطوبت و مواد آلی خاک را بالا می برند و آنرا عمیق تر و پوک تر می نمایند. در این مکان جامعه به تدریج از یکی دو گونه علف هرز و چند گونه حشره علفخوار به صورت جنگل متنوعی از درختان، درختچه ها، علف ها، خزه ها و انواع حیوانات مهره دار و بی مهره تبدیل شده است. حیات اشکال متنوعی پیدا می نماید و همراه با افزایش تنوع ترکیب

جدول ۲-۱۰ تغییرات مهم توالی.

ویژگی	مراحل پله	مرحله قله
اندازه جثه افراد	کوچک	بزرگ
طول عمر افراد	کوتاه	طولانی
زنجیره‌های غذایی	کم و کوتاه	زیاد و طویل
شبکه‌های غذایی	ساده	پیچیده
چرخه مواد معدنی	نسبتاً باز (تلف‌شونده)	نسبتاً بسته (محتاط)
سرعت تبادل مواد غذایی بین محیط و موجودات زنده	سریع (گیاهان کوتاه عمر)	کند (گیاهان چندساله)
اندازه نیچ (آشیانه) اکولوژیکی	وسیع	محدود
تنوع	کم	زیاد
تغییرات ترکیب گونه‌ها	زیاد	کم
بیوماس و محصول سر پا	کم	زیاد
مقدار مواد آلی	کم	زیاد
ذخیره مواد غذایی	کم	زیاد
تولید ناخالص	کم	زیاد
تولید خالص جامعه	زیاد	کم
راندمان اکولوژیکی	تا اواسط توالی رو به افزایش	کاهش
راندمان استفاده از انرژی به‌وسیله هر واحد وزن	کم	حداکثر
نسبت GPP/R	بزرگتر از یک	معادل یک
نسبت B/R	کم	زیاد
روابط متقابل موجودات زنده	اغلب منفی	اغلب مثبت
پیچیدگی تشکیلات	کم	زیاد
استراتژی تولیدمثل	r	k
تعداد و اندازه نتاج	زیاد و کوچک	کم و بزرگ و رقیب
تولید نتاج	کمی	کیفی
کنترل‌کننده جامعه	عوامل فیزیکی	عوامل زیستی
ثبات و پایداری	کم	زیاد

گونه‌ای نیز دگرگون خواهد شد. همه این تغییرات که به‌وسیله موجودات سیستم رخ می‌دهند وضع را از یکطرف برای خویش نامساعد ساخته و از طرف دیگر، برای تازه واردینی که بهتر بتوانند از این شرایط بهره‌برند مناسب می‌نماید. مثلاً اگر گونه‌های فعلی خاکی نسبتاً خشک و حاصلخیز را دوست دارند وقتی میزان رطوبت و مواد آلی خاک در اثر فعالیت خود آنها از حد تحملشان بیرون رود جامعه را ترک و جای خود را به گونه‌های جدیدی خواهند داد.

در مراحل پله‌ای هم تولید ناخالص و هم تنفس رو به افزایش‌اند ولی همواره تا قبل از کلیماکس تولید بر تنفس فزونی دارد یعنی حاصل تنفس به تولید ناخالص کمتر از یک است. در نتیجه مقداری از تولید به صورت خالص دائماً بر وزن زنده افزوده می‌شود. هرچه به طرف قله پیش می‌رود تفاوت این دو کمتر و کسر به یک نزدیک‌تر شده و تولید خالص کمتر خواهد بود. تا اینکه در قله تولید و تنفس با یکدیگر مساوی می‌شوند و اکوسیستم همان انرژی را که به صورت فتوسنتز در گیاهان تولید داشته از طریق تنفس مصرف می‌نماید و دیگر رشدی صورت نمی‌گیرد. بنابراین، یکی از روش‌هایی که برای تعیین مرحله توالی یک سیستم قابل استفاده است به کاربرد حاصل نسبت تولید به تنفس است. از نسبت GPP/R یا تنفس/تولید ناخالص نیز برای به دست آوردن حدود مراحل بلوغ اکوسیستم استفاده می‌شود. هرچه نسبت GPP/R بیشتر باشد در مراحل اولیه توالی سیستم از ثبات کمتری برخوردار است و بالعکس، هرچه نسبت تولید ناخالص به تنفس جامعه کمتر باشد ثبات تعادل در اکوسیستم از میزان بیشتری برخوردار است. چنانچه نسبت GPP/R مساوی یک باشد یعنی $GPP=R$ بوده میزان تولید ناخالص اولیه همگی به مصرف تنفس می‌رسد که این در حالت کلیماکس یا مراحل انتهایی توالی مشاهده می‌شود. GPP/R کوچکتر از یک نشان‌دهنده این است که اکوسیستم مصرف بیش از تولید داشته و رو به نابودی است.

در مراحل نهایی توالی بیش از چند منبع غذایی برای هر گونه‌ای وجود دارند. لذا رابطه غذایی بین گونه‌ها که در مراحل اول بسیار ساده بود به تدریج پیچیده‌تر می‌گردد. زنجیره‌های غذایی طولانی‌تر شده و شبکه‌های غذایی جامعه از همه جهات گسترش و پیچیدگی می‌یابد. حاصل تمام این موارد، کاهش دامنه نوسانات در مقابل شرایط محیطی و به عبارت دیگر، افزایش ثبات اکوسیستم می‌باشد.

از نظر گردش مواد راندمان سیستم در پله‌های اول بسیار ضعیف است. مقدار زیادی از مواد ممکن است به وسیله باد و بارندگی و سایر عوامل انتقال از محیط خارج، یا بدان وارد گردند ولی هرچه به طرف قله پیش رود مقدار بیشتری از مواد تحت کنترل عوامل زیستی قرار می‌گیرد و تبادلات با سایر سیستم‌های مجاور متعادل‌تر می‌شوند. در اجتماعات گیاهی دو استراتژی کاملاً متفاوت تکثیر مشاهده می‌شود:

۱. استراتژی r : که عبارت است از تولید تعداد زیادی بذر کوچک، با قدرت پراکندگی بالا و توانایی رقابتی کم (مثل گل قاصد).

۲. استراتژی K : که عبارت است از تولید نسبتاً کم بذر بزرگ با قدرت پراکندگی کم و توانایی رقابتی زیاد. (مثل بلوط).

با افزایش عمر اکوسیستم شرایط سخت به حالت متعادل‌تر تبدیل شده و گیاهان با بذره‌های بزرگ جهت رقابت با گیاهان قبلی وارد می‌شوند و به عبارت دیگر، ترکیب اجتماع از گونه‌هایی که دارای استراتژی r هستند به گونه‌ای به استراتژی K متمایل خواهد شد.

از نظر ثبات در پله‌های اول توالی، کنترل اکوسیستم در دست عوامل فیزیکی بوده و هرچه به طرف قله جلوتر برویم از اهمیت این عوامل فیزیکی کاسته شده و ارزش عوامل زیستی افزایش می‌یابد. مثلاً اگر جمعیت حشرات

علفخوار از حد در گذرد دشمنان طبیعی اش که تا به حال به اندازه کافی زیاد شده اند رشد آن جمعیت را متوقف خواهند ساخت. اگر تغییری در میزان بارندگی حادث شود گیاهان چندساله و درختان بزرگ با ریشه های عمیق خویش به منابع آب زیرزمینی دست دارند در مقابل خشکی خسارت قابل توجهی نخواهند دید.

مدت زمانی که یک جامعه از شروع توالی تا رسیدن به قله طی می کند بسته به شرایط اقلیمی و سایر خصوصیات فیزیکی متفاوت است ولی به هر صورت بیش از یک تا چند هزار سال به طول می انجامد. اما در شرایط استثنایی ممکن است از این حد بیشتر یا کمتر شود. مثلاً وقتی زمین کشاورزی را رها کنیم و یا درختزاری را که برای پرورش چوب مورد استفاده بوده متروک می گذاریم چون شرایط خاک قبلاً مناسب شده و گیاهان تازه وارد نباید فرایند پیچیده و طولانی خاکساری را طی کنند رسیدن به قله بیش از صد تا دویست سال طول نمی کشد. خصوصیات مرحله قله ای برای اکوسیستم های مختلف بسته به شرایط فیزیکی و موجوداتی که می توانند به آن منطقه برسند متفاوت است. مسلماً نوع قله ای که در یک منطقه کویری با ۲۰۰ میلی متر بارندگی سالیانه ایجاد می شود با آنکه در منطقه مرطوبی با ۴۰۰۰ میلی متر بارندگی به وجود می آید متفاوت خواهد بود.

بنابراین به طور خلاصه، اکوسیستم به طرف بلوغ و رسیدگی پیش می رود و در جریان انجام آن از مراحل با پیچیدگی کمتر (مراحل پله ای) به سمت افزایش پیچیدگی سیر می نماید تا سرانجام به یک مرحله باثبات (مرحله قله ای) می رسد. این فرایند جهت دار توالی خوانده می شود.

درک مفاهیمی چون توالی، توالی معکوس، مراحل پله ای و قله ای از نقطه نظر اقتصادی و اجتماعی برای انسان حائز اهمیت زیادی است و امروزه استفاده های عملی زیادی از آنها در کشاورزی جنگل داری و شکار می نمایند. چنانچه مزرعه پنبه ای را پس از برداشت محصول آتش می زنند یا با علف های هرز مبارزه می کنند در واقع نوعی توالی معکوس را به طور مصنوعی انجام می دهند تا مانع از پیشرفت طبیعی اکوسیستم شده و زمین را برای گونه ای مورد علاقه خویش مناسب نگه می دارند. اگر جنگل اکنون به وسیله سوزنی برگان پوشیده شده و می دانیم که در مرحله بعد به صورت مخلوط با پهن برگان در خواهد آمد و در نهایت، به صورت جنگلی برگ پهن خالص خواهد شد چنانچه سوزنی برگان مورد علاقه اقتصادی ما هستند بایستی به ترتیبی جلو توالی را گرفت و برعکس، اگر مراحل بعدی بیشتر مورد توجه اند با تغییراتی در پله کنونی جریان توالی را می توان تسریع کرد (مثلاً بذرپاشی درختان مورد نظر). اگر شکار خالص مورد توجه است مسلماً این حیوان با نوع خاصی از سبزینه و مرحله خاصی از توالی سیستم سازگار و همراه می باشد. و پس از آنکه سیستم از آن مرحله عبور نمود حیوان شکاری نیز از محیط خارج خواهد شد. مثلاً هنگامی که یک بوته زار به تدریج به جنگل انبوهی بدل گردد، گوزن ها که از سرشاخه ها و بوته ها و درختچه هایش تغذیه می کردند دیگر قادر به ادامه زیست در آن مناطق نخواهند بود و جای خود را به سایر حیواناتی که بتوانند از برگ و میوه آن درختان موجود استفاده کنند (مانند سنجاب) خواهند داد. لذا چنانچه پرورش و شکار گوزن مورد توجه باشد باید به مرحله مناسب توالی را در نظر داشت.

انسان، غذا و محیط زیست

اکولوژی و انسان

به طور کلی، ارتباط انسان به عنوان یک موجود زنده با محیط در اکولوژی انسانی مطالعه می شود. تفاوتی که انسان با دیگر جانوران دارد در داشتن فرهنگ، عواطف، زندگی اجتماعی، بهداشت و رفاه و قدرت تسلط بر محیط می باشد که این ویژگی های خاص انسان موجب شده است روابط انسان و محیط و موجودات زنده دیگر را در علوم متعددی مانند بیولوژی، اکولوژی، جامعه شناسی، علوم اجتماعی، علوم انسانی و پزشکی مطالعه کنند. در اکولوژی انسانی عموماً ارتباط جوامع انسانی با عوامل محیطی و عواملی که سبب توجه انسان به مکان های خاص می شوند، مورد مطالعه قرار می گیرند.

انسان به جهانی نوین وارد شده است. منابع انرژی قابل تجدید بیش از قدرت بازتولید آنها مصرف می شوند، جنگل ها، مراتع و علفزارها از بین می روند، بیابانزایی سرعت گرفته است، یخچال های طبیعی در حال ذوب شدن هستند، مرگ جزایر مرجانی اتفاق افتاده و سطح آب دریاها در حال بالا آمدن هستند، رودها خشک و دریاچه ها ناپدید می شوند، سقوط شیلات در سطح جهانی در حال گسترش است، جریان های محیطی مخرب مانند امواج گرمایی، سیلاب ها و طوفان های سهمگین رو به گسترش هستند، سفره های آب زیرزمینی سقوط می کنند، فرسایش خاک ها رو به افزایش است، گازهای گلخانه ای آن قدر سریع در آتمسفر رها می شوند که طبیعت از جذب آنها عاجز مانده، درجه حرارت کره زمین رو به افزایش گذاشته و تغییرات اقلیمی رخ داده اند، نظام های تولید ناپایدارتر شده اند، مواد غذایی به بقایای مواد شیمیایی و مواد رادیواکتیو آلوده تر شده اند، گونه های زیادی نابود شده و انقراض گونه ها سرعت گرفته اند و تنوع زیستی رو به کاهش می باشد. نتیجه نهایی آنکه جهان در وضعیتی قرار گرفته که متخصصان محیط زیست آن را حالت "فشار بیش از حد و سقوط" نامیده اند. در این دنیای نوین به تدریج بهای نان را بهای نفت تعیین می کند، نه به این علت که افزایش بهای نفت هزینه های سوخت و تولید کشاورزان و کارخانه ها را افزایش داده بلکه بیشتر به این دلیل که کلیه فراورده های کشاورزی و غذایی قابل تبدیل به سوخت اتومبیل هستند. گندمی که کشاورز تولید کرده می تواند تبدیل به نان شود و یا در دنیای نوین به الکل اتیلیک تبدیل شده که در پمپ بنزین ها

جدول ۱-۱۱ مقایسه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه.

کشورهای توسعه یافته	کشورهای در حال توسعه
در صد جمعیت جهان	۳۵٪
سرعت رشد جمعیت	کمتر از ۱٪
GNP سرانه	دولار ۶۰۰-۱۰۰۰
سطوح زیر کشت جهان	۴۷٪
فعالان بخش کشاورزی	۶۱ میلیون نفر
سهام زمین هر کشاورز	به طور متوسط ۱۱ هکتار
تولید مواد غذایی جهان	۶۲٪
	۳۸٪

به فروش برسد. دنیای نوین با چشم انداز سقوط اقتصادی ناشی از تخریب محیط زیست روبه رو شده است و سوابق تاریخی نیز نشان داده اند که در تمدن های اولیه شاخص های اصلی سقوط اقتصادی، زیست محیطی و نه اقتصادی بوده اند به طوری که ابتدا درخت ناپدید شد، بعد خاک و در نهایت، خود تمدن.

دانشمندان زیادی معتقدند که افزایش بیش از حد جمعیت انسانی زیربنای بسیاری از مشکلات زیست محیطی است. بسیاری معتقدند که مشکلات محیط زیست را نمی توان حل کرد مگر آنکه مشکل جمعیت انسانی حل شود. غلبه انسان بر محیط زیست و بیوسفر نتیجه افزایش اندازه جمعیت و پیشرفت تکنولوژی است. افزایش جمعیت انسانی منابع کره زمین را دچار مخاطره کرده و بر روند تخریب محیط زیست افزوده است؛ به طوری که فقط ظرف ۳۵ سال اخیر جمعیت انسانی در جهان بیش از ۲ برابر شده است و از ۲/۵ میلیارد نفر به بیش از شش میلیارد انسان رسیده است. جمعیت فعلی جهان بیش از ۶ میلیارد انسان است که ۷۵٪ آن در کشورهای در حال توسعه می باشند. پیش بینی شده است که جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ میلادی ۹-۱۰ میلیارد باشد، که عمده این انفجار جمعیت در کشورهای در حال توسعه خواهد بود (جدول ۱-۱۱). آسیا و اروپا مجموعاً ۷۳/۵٪ از جمعیت کره زمین را شامل می شوند. آسیا پر جمعیت ترین قاره دنیا و به تنهایی $\frac{3}{5}$ جمعیت جهان را در خود جای داده است. توزیع جمعیت در دو نیمکره زمین نامتوازن صورت گرفته است. کمتر از ۱۰٪ جمعیت جهان در نیمکره جنوبی و ۹۰٪ در نیمکره شمالی ساکن شده اند، در نیمکره شمالی نیز توزیع جمعیت متفاوت بوده است به طوری که: ۲۰٪ بین استوا و عرض ۲۰° شمالی، ۵۰٪ بین ۲۰° و ۴۰° شمالی، ۲۰٪ بین ۴۰° و ۶۰° شمالی و کمتر از ۵٪ در بالاتر از ۶۰° شمالی سکونت دارند. و به عبارت دیگر، $\frac{2}{3}$ جمعیت جهان بین ۲۰ تا ۶۰° عرض شمالی قرار گرفته اند که قسمت اعظم آن منطبق با دنیای قدیم است. این در حالی است که بزرگترین بیابان های دنیا و عظیم ترین رشته کوه های جهان (مانند هیمالیا و آلپ) در این مناطق هستند.

این جمعیت زیاد انسانی بر منابع و محیط زیست تأثیر زیادی می‌گذارد. یکی از زیست‌شناسان به نام پل ارلیچ بیان کرده است که انسان بر محیط تأثیر می‌گذارد و تأثیر انسان را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$\text{تعداد کل افراد جمعیت} \times \text{تأثیر هر فرد} = \text{کل تأثیرات زیست محیطی}$$

هر نوع افزایش در تعداد افراد منجر به اثر فزاینده بشریت بر محیط زیست می‌شود. فناوری یا تکنولوژی تأثیر بحران جمعیت انسانی را به تأخیر انداخته، اما در نهایت تأثیر انسان را بر محیط زیست افزایش داده است. تکنولوژی نه تنها استفاده از منابع را افزایش داده است بلکه موجب شده که انسان از طریق راههای جدیدی بر محیط زیست تأثیر بگذارد. در نتیجه می‌توان بیان کرد که تأثیر انسان در جوامع و کشورهای صنعتی و کشورهای غیر صنعتی بر محیط زیست یکسان نبوده است. یعنی اثری که هر فرد در یک کشور صنعتی بر محیط زیست گذاشته و دارد خیلی بیشتر از یک فرد در کشورهای فقیر و توسعه نیافته می‌باشد.

تفاوت‌های اصلی جامعه انسانی با سایر جوامع

جامعه انسانی ویژگی‌های منحصر به فردی دارد که برخی از مهمترین آنها در اینجا ذکر می‌گردند:

۱. **افزایش جمعیت:** تغییر الگوی جمعیت در بسیاری از نقاط جهان مشاهده شده است و موضوع افزایش بی‌رویه جمعیت یا به عبارتی انفجار جمعیت، بحث قابل تأملی در سال‌های آتی نیز خواهد بود. افراد زیادی از زندگی کشاورزی و روستایی به زندگی شهری و به ویژه به شغل‌های کاذب روی آورده و به خصوص در شهرهایی مثل تهران با مشکلات عدیده‌ای چون کمبود و گرانی مسکن و دیگر مایحتاج روزمره، آلودگی هوا، ترافیک و کمبود خدمات رفاهی و آموزشی و غیره روبرو هستند. اکولوژیست‌های انسانی باید بکوشند که اولاً موضوع فوران جمعیت را به ویژه در شهرهای بزرگ به مسئولین هشدار دهند تا برای آن فکری اندیشه شود و ثانیاً در مورد استفاده بی‌رویه از عوامل و منابع طبیعی و توجه به نسل‌های آینده مردم و مسئولین را آگاه کنند تا نسبت به حفظ ثروت‌های ملی بیشتر تلاش کنند.

۲. **فرهنگ:** فرهنگ ذاتاً در انسان وجود دارد در حالی که جوامع غیر انسانی دارای چنین درجاتی از فرهنگ نمی‌باشند. بنابراین، وجود محیط طبیعی و محیط فرهنگی و تداخل آنها باید در اکولوژی انسانی مورد توجه قرار گیرد. فرهنگ پدیده‌ای نسبتاً پایدار و بدون تغییر است؛ به طوری که گروه‌های مردمی که از سرزمین خود مهاجرت کرده‌اند، معمولاً تا مدت‌ها عادات و سنن خود را حفظ می‌کنند. مطالعات نشان داده است که فرهنگها از عوامل محیطی تأثیر می‌پذیرند لیکن در تأثیر عوامل محیطی بر فرهنگ جبر مطلق حاکم نیست یعنی در شرایط محیطی خاص فقط یک نوع فرهنگ متولد نمی‌شود.

۳. **قدرت تسلط بر محیط:** جوامع انسانی برخلاف جوامع گیاهی و جانوری بیشترین قدرت تسلط بر محیط را دارند. این قدرت تسلط باعث شده است که انسان با تغییرات پیوسته‌ای که در محیط پیرامون خود می‌دهد، در وضع بیوسفر تغییر ایجاد می‌کند و این تغییرات با سرعتی بیش از درک نتایج احتمالاً هولناک آن پیش می‌رود و چند اشتباه کوچک و بزرگ باعث انهدام کامل انسان خواهد شد. چرا که قدرت طبیعت در نگهداشتن تعادل کمتر از قدرت تغییرات انسان در محیط است.

۴. بهداشت و رفاه و روابط عاطفی: این موارد مختص جامعه انسانی است و با گذشت زمان تلاش بشر در جهت کاهش میزان مرگ و میر و افزایش متوسط عمر انسان بوده و سعی شده رفاه عمومی بشر افزایش یابد. همچنین روابط عاطفی پیشرفته مانند احساس همدردی و کمک به هم‌نوع در زمان بروز مصائب تنها در جوامع انسانی وجود دارد درحالی که در سایر جوامع تنها در نهایت می‌تواند در سطح خانواده خود باشد و فراتر نخواهد رفت.

انسان و مشکلات تأمین انرژی

افزایش جمعیت و محدودیت منابع انرژی موجب شده که اکثر جوامع انسانی با مشکل تأمین انرژی روبه‌رو شوند. انرژی برای تمام انسان‌ها مسئله اساسی است زیرا در تمام شئون جامعه انسانی انرژی مورد نیاز است. در سال‌های اخیر پدیده "بحران انرژی" مطرح شده است و اهمیت زیادی پیدا کرده است. برطبق آمار موجود در سال ۱۹۹۰ هر شهروند در کشورهای ثروتمند و صنعتی به‌طور متوسط ۷/۴ کیلووات انرژی مصرف کرده است. درحالی که هر شهروند کشورهای در حال توسعه فقط ۱ کیلووات مصرف انرژی داشته است و به این دلیل است که جمعیت بسیار کم کشورهای ثروتمند بیش از $\frac{2}{3}$ تخریبات زیست‌محیطی را فقط در زمینه تولید و مصرف انرژی به بار آورده است.

نیاز روزافزون جهان به منابع جدید انرژی امروزه یکی از مسائل اساسی کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه می‌باشد. به‌طوری که این مشکل تنها به کشورهای واردکننده انرژی و نفت اختصاص ندارد و حتی تولیدکنندگان بزرگ نفت از جمله کشور ما ایران نیز با مشکلات متعددی در زمینه تهیه سوخت روبه‌رو هستند. مصرف روزانه نفت در دنیا در حدود ۸۴ میلیون بشکه در روز است که براساس پیش‌بینی وزارت انرژی آمریکا تا سال ۲۰۲۵ به ۱۲۱ میلیون بشکه در روز خواهد رسید. در حال حاضر، در جهان ۷۷٪ کل انرژی مصرفی را سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌دهند و براساس پیش‌بینی‌های واقع‌بینانه تا سال ۲۰۲۰ میلادی این سوخت‌ها همچنان ۷۳٪ مصرف انرژی جهان را تأمین خواهند کرد. هرچند که تقاضا برای انرژی در حال افزایش است اما تولید از بزرگترین منابع موجود نفت سالانه ۵٪ کاهش می‌یابد. اقتصاد جهان عمده‌تاً وابسته به قیمت نفت بوده و افزایش قیمت نفت مشکلات زیادی را به همراه می‌آورد. نفت یک منبع هیدروکربونی پایان‌پذیری است که تشکیل آن میلیون‌ها سال زمان برده است و ما با مصرف آن در واقع سرمایه‌هایی را از میان می‌بریم که تجدیدپذیر نیستند. زمانی که تولید نفت با کمبود جدی مواجه شود قیمت مواد غذایی و سایر کالاها به شدت افزایش یافته، فقر ملل زیادی را مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه نابود خواهد کرد. بنابراین، کمبود انرژی و سوخت در جهان، یکی از عوامل اصلی بروز این مشکلات است، اما مشکل بزرگ دیگر پایان‌پذیر بودن آنها و از طرف دیگر، آلودگی‌های ناشی از تولید و نگهداری و مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد.

بنابراین انسان با پرسش سختی درمورد اینکه چگونه به بهترین روش می‌تواند انرژی کافی تهیه کند بدون اینکه به محیط زیست صدمه بزند، مواجه شده است. امروزه، این پرسش در مباحث سیاسی نیز مطرح

می‌شود. اینکه چگونه و چطور می‌توان نگرانی‌های عمومی را نسبت به کاهش ذخایر نفتی کاهش داد، خود موضوعی مورد بحث است. اما موضوع مهم‌تر اینکه لازم است وسایل نقلیه‌ای تولید شود که از آلوده‌کننده‌های کمتری برخوردار باشند؛ و یا منابع انرژی جدید یا پاک‌تری پیدا شوند.

ضرورت کاهش مواد متصاعد شده و همزمان با آن نیاز برای افزایش صنایع، محققین و دانشمندان را وادار به تفکر و تحقیقات وسیع و غیرقابل اجتنابی برای یافتن منابع انرژی قابل تجدید پاک نموده است. کشورهای مختلف دنیا با پرسش سختی در مورد اینکه چگونه به بهترین روش می‌توانند بدون اینکه به محیط زیست صدمه بزنند انرژی کافی تهیه نمایند، مواجه شده‌اند. حتی امروزه این پرسش به مباحث سیاسی نیز به‌طور جدی وارد شده است. اینکه چگونه و چطور می‌توان نگرانی‌های عمومی را نسبت به کاهش ذخایر نفتی و تأمین انرژی کاهش داد و از طرف دیگر، انرژی از منابعی که حداقل انتشار و آلودگی محیط زیست را به دنبال داشته تأمین نمود موجب شده است که امروزه محققین کشورهای مختلف دنیا به دنبال منابع انرژی جایگزین^۱ قابل تجدید و پاک می‌باشند.

انواع انرژی‌های خورشیدی ذخیره شده را که غیرقابل تجدید هستند و معمولاً از تجزیه ناقص مواد آلی مرده (بیشتر گیاهان و موجودات دریایی) به وجود می‌آیند سوخت‌های فسیلی می‌گویند. مواد آلی که بر اثر دفن از اکسیداسیون مصون باشند ممکن است از طریق واکنش‌های پیچیده شیمیایی به هیدروکربن و سوخت‌های فسیلی تبدیل شوند. مجموع ذخایر نفت جهان حدود ۱۰۰۰ میلیارد بشکه تخمین زده شده است که حدود ۴۵ سال دیگر می‌تواند تداوم داشته باشد. گاز طبیعی حدود ۱۲۰ تریلیون مترمکعب و حدود ۶۰ سال دیگر دوام خواهد داشت. ۱۰۰۰ میلیارد تن ذغال سنگ (مواد گیاهی نیمه تجزیه شده، اگر عمیقاً در محیط‌های رسوبی دفن شوند به نوعی سنگ کربن دار جامد شکننده به نام ذغال سنگ تبدیل می‌شوند)، با توجه به مصرف فعلی (۴ میلیارد تن در سال) برای حدود ۲۵۰ میلیون سال دوام خواهد داشت.

انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح جهان در نیمه دوم قرن اخیر مقدار چهار برابر افزایش یافته است و هنوز هم در حال افزایش است. در واکنش به این رشد فزاینده انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیرات آن بر زندگی خودمان در این سیاره، معاهده بین‌المللی^۲ برای تغییر اقلیم در ریو-د-ژانیرو^۳ در سال ۱۹۹۲ به امضا رسید و ۵ سال بعد از آن معاهده کیوتو^۴ مورد موافقت قرار گرفت. این موافقت‌نامه کشورهای در حال توسعه را مجبور می‌کرد که انتشار مجموعه‌ای از شش گاز گلخانه‌ای خودشان را در طول سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۸ به زیر سطوح آنها در سال ۱۹۹۰ کاهش دهند. با توجه به نوع سوخت فسیلی و نیز روش سوختن آن گازهای مختلف دیگری مانند ازن، دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و گازهای دیگر و ذرات جامد انتشار می‌یابند. اکسیدهای گوگرد و نیتروژن در تشکیل دود و باران‌های اسیدی شرکت می‌کنند. سوخت‌های فسیلی، به‌ویژه ذغال سنگ، همچنین دارای مواد رادیواکتیو نیز هستند. سوزاندن آنها به مقدار زیاد موجب

1. Alternative energy

2. UN Framework Convention

3. Earth summit in Rio De Janerio

4. Kyoto Protocol

آزادشدن این مواد در محیط زیست شده که موجب ایجاد سطوح کم اما جدی از آلودگی‌های مواد رادیواکتیو در ابعاد محلی و جهانی می‌شود. ذغال‌سنگ به‌علاوه شامل مقادیر بسیار کمی از عناصر سنگین سمی نظیر جیوه و آرسنیک است.

انرژی و مشکلات زیست‌محیطی به‌طور تنگاتنگی به‌یکدیگر مرتبط هستند زیرا تقریباً غیرممکن است که انرژی تولید شود، انتقال یابد و مصرف شود بدون اینکه اثرات محیطی به‌دنبال نداشته باشد. آلودگی هوا، آلودگی آب، تغییرات دمایی و پراکنده‌شدن ضایعات جامد از جمله مشکلات زیست‌محیطی هستند که به‌طور مستقیم به تولید، انتقال و مصرف انرژی مربوط می‌شوند. انرژی‌های جایگزین نیز خود دارای مشکلات زیست‌محیطی هستند. به‌عنوان مثال، آبی که از بالای سد به پایین می‌ریزد با جذب نیتروژن باعث مرگ ماهی‌ها می‌شود. این پدیده شبیه به وضعیتی در انسان‌هاست که به عرضه بندز^۱ معروف است. چنانچه غواص‌هایی که از هوای فشرده استفاده می‌کنند، از عمق آب به‌سرعت به سطح بیایند حباب‌هایی بر اثر کاهش سریع فشار، در خون آنها ایجاد می‌شود که حتی ممکن است به مرگ منتهی شود. انبساط نیتروژن بسیاری از ماهی‌های مهاجر را در شمال‌غرب اقیانوس آرام کشته است. همچنین سدها باعث تداخل در رسیدن مواد مختلف به‌ویژه رسوبات به آب دریا می‌شوند و ممکن است چرخه مواد را با مشکل مواجه سازند. آثار زیست‌محیطی تأسیسات متعدد واحدهای کوچک نیروی آب در یک منطقه ممکن است زیاد باشد؛ زیرا این گونه تأسیسات رژیم طبیعی حرکت آب را دگرگون می‌کنند و بر بیوتای رودخانه و بهره‌وری زیستی آن تأثیر می‌گذارند.

شاید مهمترین اثر یک نیروگاه انرژی جزرومدی مربوط به کاهش یا افزایش نوسانات جزرومد باشد. این فعالیت‌ها همچنین موجب تغییر در بسترهای ماهیگیری و پرورش میگو شده و حتی ممکن است اثرات معکوس اقتصادی به‌همراه داشته باشد. سوزاندن زیست‌توده همانند سوخت‌های فسیلی موجب تولید بسیاری از گازهای گلخانه‌ای می‌شود. نیروگاه‌های انرژی بادی معمولاً در مناطقی که بادهای زیادی می‌وزد، احداث می‌شوند. توربین‌های بادی قدیمی نیاز به تأسیسات زیادی داشته و نیز سروصدای زیادی ایجاد می‌نمایند و به‌همین دلیل برای مردم محلی جذاب نیستند. توربین‌ها نیاز به نگهداری و مواظبت دائمی داشته و به‌دلیل سرعت چرخش بسیار زیاد آنها موجب ازبین‌رفتن تعداد زیادی از پرندگان می‌شوند.

انرژی هسته‌ای درمقایسه با سوخت‌های فسیلی به‌طور مستقیم منجر به تولید دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و جیوه و دیگر ترکیبات آلوده‌کننده نمی‌شود اما چالش بزرگ مربوط به ذخیره‌سازی و مواجهه درست با پسماندهای هسته‌ای است. پسماندهای رادیواکتیو که حاوی مواد شیمیایی رادیواکتیو با نیمه‌عمر طولانی هستند تا زمانی که تجزیه نشوند و یا از سمیت آنها کاسته نشود، نگرانی‌های زیست‌محیطی زیادی به‌دنبال دارند. اثرات زیستی تشعشعات هسته‌ای به‌طور عمده مربوط به مقدار فعالیت، توزیع زیستی و سرعت ازبین‌رفتن مواد رادیواکتیو دارد. اثرات زیستی تشعشعات هسته‌ای همچنین ممکن است مربوط به سمیت

شیمیایی مواد حاصل از تجزیه مواد رادیواکتیو باشد. بعضی تشعشعات هسته‌ای ممکن است در بدن توزیع و به سرعت حذف شوند. بعضی تشعشعات هسته‌ای ممکن است اندام‌های خاصی را مورد هدف قرار دهند و به مقدار کمتری حذف شوند. مانند تمام نیروگاه‌های انرژی حرارتی (شامل ذغال‌سنگ، نفت و برخی نیروگاه‌های گازهای طبیعی) راکتورهای هسته‌ای نیز نیاز به خنک کردن دارند که به‌طور عمده با آب انجام می‌شود که اگر این آب داغ به‌طور مستقیم وارد رودخانه شود دمای آب خروجی ممکن است به آبریان صدمه بزند.

کشت وسیع دانه‌هایی که سوخت بیودیزلی از آنها به‌دست می‌آید تبعاتی فراتر از تأثیراتی که اکنون موجود است در پی دارد. از جمله از بین رفتن مزارع (در مالزی و برزیل)، فرسایش خاک و صدمات ناشی از کشت پایپی یک نوع گیاه. طرفداران محیط زیست و کشاورزان به استفاده از این سوخت روی آورده‌اند و گستره استقبال و استفاده از این سوخت افزایش چشمگیری داشته است. استفاده از تولیدات کشاورزی برای تولید سوخت‌های زیستی به‌جای تأمین غذا بر افزایش چشمگیر قیمت مواد غذایی تأثیر روزافزونی خواهد گذاشت که مشکلات اقتصادی-اجتماعی بیشتری به‌همراه خواهد داشت.

با این حال سوخت‌های زیستی مانند بیودیزل خالص تصاعد دی‌اکسیدکربن را تا ۷۵٪ سوخت‌های فسیلی کاهش می‌دهند. بیودیزل همچنین ذرات جامد کمتر، مونوکسیدکربن و دی‌اکسیدسولفور کمتری را متصاعد می‌کند. بیودیزل ایمن‌تر از سوخت‌های نفتی می‌باشد زیرا احتراق‌پذیری کمتری دارد. این سوخت برخلاف سوخت‌های جایگزین دیگر آزمایشات مربوط به سلامتی را گذرانده است. مطالعه‌ای در سال ۱۹۹۸ تحت حمایت اداره انرژی آمریکا و اداره کشاورزی آمریکا انجام شد، نشان داد که بیودیزل‌ها تصاعد CO_2 خالص را تا ۷۸٪ درمقایسه با سوخت‌های دیزلی کاهش می‌دهند. بیودیزل‌ها همچنین سطح هیدروکربن‌های معطر چندحلقه‌ای (PAH) و ترکیب PAH نیرات‌دار که به‌عنوان عوامل سرطانزا می‌باشند را کاهش می‌دهد. نتایج آزمایشات نشان داده است که ترکیبات PAH حدود ۷۵ تا ۸۰٪ کاهش می‌یابد. ترکیبات nPAH در سوخت‌های بیودیزل، نیتروفلورن و نیتروپیرن تا ۹۰٪ کاهش می‌یابد. علاوه بر اینها، استفاده از مخلوط بیودیزل و گازوئیل سبب حذف دود متراکم و سیاه حاصل از سوخت خودروهای دیزلی خواهد شد. حتی بویی که از سوختن آن ایجاد می‌شود، شبیه بوی سیب‌زمینی سرخ کرده و ذرت بو داده است، یعنی به‌میزان چشمگیری بوی بد گازوئیل را کاهش می‌دهد، اگرچه صددرصد حذف نمی‌کند.

انسان و مصرف آب

کمبود و آلودگی آب‌ها در بخش‌های وسیعی از کره زمین مشکلات زیادی را برای تأمین آب شرب سالم، تولید محصولات کشاورزی و به‌طور کلی، روند عمومی زندگی انسان‌ها به‌وجود آورده است، به‌طوری‌که پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۲۵ میلادی حدود ۵۰ تا ۶۰٪ مردم جهان با تنش آبی و مشکلات ناشی از کمبود آب مواجه خواهند شد. بسیاری معتقدند که در آینده نزدیک، آب به‌عنوان "طلای آبی" در جهان

شناخته خواهد شد. لذا جمله "نفت را فراموش کنید و به آب بیاندیشید" در بین مردم و به خصوص دولت مردان رایج خواهد شد.

استانداردهای سرانه مصرف آب در کشورهای مختلف جهان با توجه به عوامل مختلف جغرافیایی، فرهنگی و اقتصادی به ندرت از ۲۰۰ لیتر در روز تجاوز می کند. با این حال، تحقیقات اخیر نشان داده اند که سرانه مصرف آب در حال حاضر بسیار بیشتر از استانداردهای تعیین شده می باشد. انسان علاوه بر مصرف مستقیم آب، از طرق مختلفی مانند مصرف مواد غذایی، میوه جات و حتی خدمات و کالا، آب مصرف می کند به طوری که مقدار آن به طور متوسط حدود ۳۴۰۰ لیتر در روز به ازای هر فرد در جهان می باشد. مقدار زیادی از این آب که دهه های ۲۰۰۰ میلادی در محاسبات سرانه مصرف آب کمتر مورد توجه قرار گرفته را به عنوان "آب مجازی"^۱ می شناسند. اصطلاح آب مجازی اولین بار در دهه ۱۹۹۰ توسط "تونی آلن"^۲ به صورت زیر تعریف شد: "مجموع آب مصرف شده برای تولید مقدار معینی از محصول (اعم از کالا، فراورده های کشاورزی یا حتی خدمات) را آب مجازی می نامند". به عنوان مثال، برای تولید یک کیلوگرم گندم به طور متوسط ۱۳۰۰ لیتر آب مورد نیاز است که آن را آب مجازی می گویند. در تعریف جدیدتر "آب مجازی جمع کل آب مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول (کالا) با توجه به شرایط اقلیمی، مکانی، زمانی و راندمان می باشد". لذا شرایط اقلیمی، مکان و زمان تولید، مدیریت و برنامه ریزی، فرهنگ و عادات مردم در میزان آب مجازی مؤثر می باشند. آب مجازی خود به سه نوع یعنی آب سبز^۳ (آبی که به صورت رطوبت در خاک ذخیره می شود)، آب آبی^۴ (آب رودخانه ها، سدها، دریاچه ها، آب های سطحی یا زیرزمینی) و آب خاکستری^۵ (آبی که در چرخه تولید یک محصول یا کالا آلوده می شود) طبقه بندی می شود.

هر فرد در طول شبانه روز به صورت های مستقیم (شرب، استحمام، پخت و پز، شستشو، بهداشت و غیره) و غیرمستقیم (تغذیه و استفاده از وسایل و خدمات) آب مصرف می کند. به رغم آنکه استانداردهای مصرف آب در کشورهای مختلف جهان از ۹۰ تا ۲۰۰ لیتر در روز متفاوت است اما مقدار سرانه واقعی یا آب مجازی به طور متوسط حدود ۳۴۰۰ لیتر در روز به ازای هر فرد در جهان می باشد.

رشد جمعیت انسانی جهان، بهبود نسبی زندگی و توسعه شهرنشینی، نیاز به آب، غذا، سوخت، بهداشت و امکانات رفاهی را به مراتب افزایش داده است. کره زمین تا چه حد می تواند جمعیت انسان ها را بدون تحمل هزینه های اضافی زیست محیطی تحمل کند؟ دانشمندان برای یافتن پاسخ این سؤال اساسی که "ظرفیت حمل"^۶ زمین برای انسان چقدر است شاخص های جدیدی معرفی کرده اند. به عنوان مثال، شاخص "رد پای اکولوژیکی"^۷ به عنوان شاخصی برای تحلیل و مقایسه نیازهای بشر برای رفع کلیه احتیاجات از قبیل غذا،

1. Virtual water

2. Tony Allen

3. Green water

4. Blue water

5. Grey water

6. Carrying capacity

7. Ecological footprint

آب، سکونتگاه، و حتی دفع زباله و مواد زاید نیاز دارد. واژه "رد پای آب" یا "ابرانه" به عنوان شاخصی برای تعیین میزان مصرف واقعی آب توسط آرجن هوکسترا در سال ۲۰۰۲ معرفی گردید. رد پای آب میزان واقعی مصرف مستقیم و غیرمستقیم آب را در یک زمان معین مشخص می کند. سرانه رد پای آب هر فرد در چین ۱۹۳۰ لیتر، هند ۲۶۹۰ لیتر، انگلیس ۳۴۰۰ لیتر، ترکیه ۴۴۳۰ لیتر، ایران ۴۴۵۰ لیتر، تایلند ۶۰۰۰ لیتر، امریکا ۶۸۰۰ لیتر و متوسط جهان ۳۴۰۰ لیتر در روز باشد. رد پای اکولوژیکی و نیز رد پای آب در دنیا در حال افزایش است و انسان برای رفع احتیاجات خود به فضا، امکانات و آب بیشتری در روز نیاز دارد.

تغییر اقلیم و مشکلات زیست محیطی

موضوع تغییر اقلیم به عنوان یکی دیگر از بزرگترین چالش های زیست محیطی فراروی جهان امروز است. گرمترین سال های ثبت شده در تاریخ داده های هواشناسی در پنج سال اخیر بوده است. تغییر اقلیم اتفاق افتاده و در مدت های طولانی اثرات قابل توجه بیشتری بر جای خواهد گذاشت. از جمله پیامدهای تغییر اقلیم می توان به بالا آمدن سطح آب ها در سواحل دریاها بر اثر ذوب شدن مخازن یخی، وقوع سیلاب ها، تنش های آبی، از بین رفتن تنوع زیستی و گرسنگی انسان ها اشاره نمود. امروزه نگرانی های زیادی در مورد گرمایش جهانی، باران های اسیدی و مواد زاید رادیواکتیو همراه ما هستند. هر یک از این موارد با کاربرد انرژی توسط ما در ارتباط می باشند. به عبارت دیگر، وقایع مرتبط با اتفاقات آب و هوایی از قبیل سیل ها، طوفان ها، خشکی ها و امواج گرمایی در زمان حاضر اتفاق می افتند و مشخص کننده یک هشدار واضح از طبیعت برای حفاظت از محیط از طرف انسان ها می باشند.

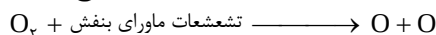
سوخت های فسیلی شامل مجموعه بسیار بزرگی از کربن است که در اعماق زمین محبوس شده است. مصرف سوخت های فسیلی تأثیرات زیست محیطی بسیار زیادی دارد که آلودگی آب و هوا عمده ترین آنها می باشد. احتراق این سوخت ها موجب تبدیل این کربن به دی اکسید کربن می شود که سپس به درون اتمسفر رها می شود. این فرایند موجب افزایش سطح دی اکسید کربن اتمسفر می شود که اثر گلخانه ای و گرم شدن جهانی را افزایش می دهد. تغییر اقلیم بزرگترین چالش زیست محیطی فراروی جهان امروز است. تغییر اقلیم اتفاق افتاده و در مدت های طولانی اثرات قابل توجهی بر جای خواهد گذاشت. از جمله پیامدهای تغییر اقلیم می توان به مواردی از این قبیل اشاره کرد. تغییر اقلیم، تنش های آبی و سیلابی را به وجود آورده و بدین طریق میلیون ها انسان را با گرسنگی مواجه کرده است. سواحل پست، زمین های آبخیز و جزایر کوچک به خصوص در مناطق جنوب شرقی آسیا با خطر بالا آمدن سطح آب روبه رو شده اند. تنوع زیستی به صورت جبران ناپذیری کاهش یافته است.

انتشار گازهای گلخانه ای در سطح جهان در نیمه دوم قرن اخیر به میزان چهار برابر افزایش یافته است و هنوز هم در حال افزایش است. فعالیت های کشاورزی ضمن اینکه در افزایش اکثر گازهای گلخانه ای نقش دارند ۵۲٪ افزایش متان و ۸۴٪ از افزایش اکسید نیتروس جهانی را موجب می شوند (اسمیت و همکاران،

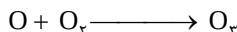
۲۰۰۸). بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند از رهاسازی این قبیل گازهای گلخانه‌ای جلوگیری کند. در واکنش به این رشد فزاینده انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیرات آن بر زندگی انسان‌ها کنفرانس‌ها و معاهده‌های متعددی شکل گرفته و یا درحال بررسی هستند. در کنفرانس ۱۹۹۲ در ريو در مواردی مانند گازهای گلخانه‌ای (GHG) و موضوعات مهم زیست‌محیطی تصمیماتی اتخاذ گردید و معاهده بین‌المللی برای تغییر اقلیم در ريو دوزانريو در سال ۱۹۹۲ به امضا رسید. گزینه‌هایی برای کاهش انرژی مرتبط با گازهای گلخانه‌ای متصاعدشده شامل توسعه تکنولوژی و گسترش تکنولوژی‌هایی با کارایی بالا، تکنولوژی ترسیب کربن و جایگزینی منابع انرژی فسیلی با منابع انرژی قابل تجدید بود. جایگزینی سوخت‌های فسیلی به وسیله انرژی‌های قابل تجدید، استراتژی‌هایی می‌باشند که به وسیله مؤسسه‌های تحقیقاتی پذیرفته شده‌اند. پنج سال بعد از آن معاهده کیوتو مورد موافقت قرار گرفت. این موافقت‌نامه کشورهای درحال توسعه را مجبور می‌کرد که انتشار مجموعه‌ای از شش گاز گلخانه‌ای خودشان را در طول سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به زیر سطوح آنها در سال ۱۹۹۰ کاهش دهند (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۶). به عبارت دیگر، برای مقابله با وضعیت نامطلوب محیط زیست در سال ۱۹۹۷ معاهده کیوتو به امضاء رسید که هدف آن «حفظ غلظت گازهای گلخانه‌ای در سطح کنونی و جلوگیری از بروز تداخل نامطلوب با سیستم آب‌وهوایی و اقلیمی است». این امر در طی یک دوره زمانی حاصل می‌شود و طول این دوره می‌بایست امکان سازگاری اکوسیستم به تغییرات اقلیم، تضمین عدم به مخاطره افتادن تولید غذا و امکان توسعه اقتصادی به روش پایدار را فراهم کند (فلاموس، ۲۰۰۴). معاهده کیوتو کشورهای صنعتی را ملزم می‌سازد که این اهداف را در طی دوره اول تعهد، از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ برآورده ساخته و کل آزادسازی شش گاز اصلی گلخانه‌ای (دی‌اکسید کربن، متان، اکسیدنیتروس (N₂O)، هیدروفلوئوروکربن‌ها، پرفلوئوروکربن‌ها و هگزا فلورید گوگرد (SF₆) می‌بایست حداقل ۵٪ کمتر از میزان تولیدشده در سال ۱۹۹۰ باشد.

تخریب لایه ازن و آلودگی‌های ناشی از ازن

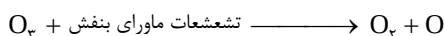
ازن شامل مولکول‌های فعال اکسیژن است که دارای سه اتم اکسیژن O₃ می‌باشد که از طریق بارهای الکتریکی با هم مرتبط هستند. پیوندهای الکترونی بسیار ضعیفی از نوع پیوندهای کوالنت که در اکسیژن (O₂) وجود دارند در مولکول ازن نیز وجود دارند. بنابراین، مولکول ازن همواره در معرض جداس شدن آسان یک اتم O است که این جداس شدن ممکن است توسط یک مولکول جاذب اکسیژن اتفاق بیافتد. پیوندهای ضعیف موجود در مولکول ازن آن را حتی بسیار جاذب‌تر از اکسیژن (O₂) نموده است. چیزی که حیات را در خشکی تأمین نموده تنها اکسیژن نیست بلکه حضور ازن استراتوسفری نیز می‌باشد. موجودات زنده زیادی می‌توانند بدون اکسیژن زندگی کنند ولی از آن بهتر نقش اکسیژن در جذب نورهای ضد حیات ماورای بنفش در استراتوسفر است. مولکول‌های اکسیژن شکسته شده و منجر به جذب نورهای در طول موج‌های ۲۴۰-۱۸۰ نانومتری می‌شوند.



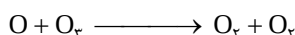
اکسیژن آزاد دوباره با O_2 ترکیب و مولکول ازن O_3 را به وجود می آورند.



از آنجایی که غلظت اکسیژن در آتمسفر به صورت نسبی یعنی حدود ۲۱٪ باقی مانده است احتمالاً تجزیه طبیعی ازن اتفاق افتاده که نسبت ازن به اکسیژن ثابت باقی مانده است. مقادیر کمی از ازن در تروپوسفر تجزیه می شود اما بیشتر تجزیه ازن در اثر واکنش فتوشیمیایی UV در طیف ۲۰۰-۳۲۰ نانومتر اتفاق می افتد.



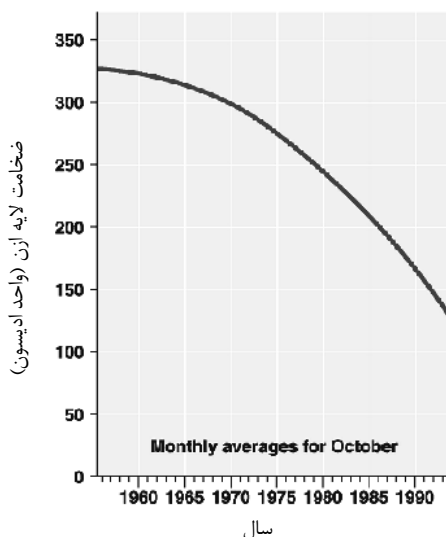
اکسیژن آزاد می تواند به یک اکسیژن آزاد دیگر حاصل از یک مولکول ازن جذب شده و تشکیل دو مولکول اکسیژن دهد.



واکنش های ذکر شده در ازن منجر به جذب تشعشعات ماورای بنفش می شوند. نور ماورای بنفش که به آتمسفر می رسد ممکن است از سه گروه براساس طول موج شان باشد. UV-A بزرگترین طول موج ها و UV-C کوچکترین طول موج های UV را دارند. ازن بیش از ۹۹٪ از طول موج های UV-C و حدود ۵۰٪ از UV-B و به مقادیر کمی UV-A که نسبتاً بی خطر است را جذب می کند.

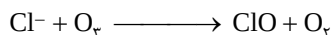
ازن در ارتفاعات پایین تر یعنی در تروپوسفر نیز وجود دارد اما میزان ازن تروپوسفری بسیار کم است. ازن از طریق واحدهای فتوشیمیایی که در اثر عمل نور خورشید روی آلاینده های سوخت های فسیلی مانند اکسیدهای نیتروژن (NO_x) ایجاد می شوند نیز تولید می شود. از آنجایی که ازن بسیار واکنش پذیر است به سلول های موجودات زنده صدمه زده و به طور کلی، سمی است. شهرهای بزرگی که دارای بارندگی کم و عدم وزش باد هستند مانند مکزیک و لوس آنجلس از دودهای فتوشیمیایی صدمه می بینند. در این گونه از مناطق آلودگی ازن ممکن است برای سلامتی خطرناک باشد. بنابراین، مقادیر زیاد ازن استراتوسفر برای موجودات زنده خشکی ها بسیار مفید و لازم است اما مقادیر کم ازن تروپوسفری یک سم غیر مطلوب است.

در صورت عدم وجود لایه ازن حیات در اکوسیستم های آبی ممکن است وجود داشته باشد زیرا آب امواج ماورای بنفش را منعکس می کند. در اکوسیستم های خشکی به دلیل اینکه DNA موجودات زنده نور ماورای بنفش را مخصوصاً در طول موج های ۲۸۰ تا ۳۲۰ نانومتر به شدت جذب می کند حیات امکان ندارد. تشعشعات UV از همانندسازی DNA جلوگیری کرده به طوری که منجر به مرگ می شود. بنابراین لایه حفاظ ازن یک شرط لازم برای حیات موجودات زنده خشکی است. افزایش نسبتاً کم در تشعشعات UV ممکن است منجر به موتاسیون در طی همانندسازی DNA شده که ممکن است منجر به تولید سلول های سرطان گردد. از آنجایی که سلول هایی که بیشتر در معرض تشعشعات UV هستند سلول های پوستی می باشند سرطان های پوستی و اختلالات بینایی فراوان تر شده است. همانند انسان ها، سایر پستانداران، پرندگان و خزندگان می توانند تحت تأثیر نوری UV قرار گیرند. با این حال، شاید توجه اصلی به پتانسیل خسارت نوری های UV به سیستم های فتوسنتزی باشند زیرا که تولید اولیه را کاهش داده و از این طریق کل اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می دهند.

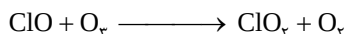


شکل ۱-۱۱ روند کاهش ضخامت لایه ازن در سال‌های مختلف در ماه اکتبر.

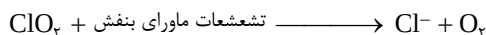
کلروفلوروکربن‌ها (CFC) به‌طور وسیعی به‌عنوان سردکننده‌ها (مانند فرئون) و نیز آتروسول‌ها و حشره‌کش‌ها به‌کار می‌رود. تحقیقات نشان داده‌اند که CFCها می‌توانند تا استراتوسفر صعود نموده و ازن را تخریب نمایند.



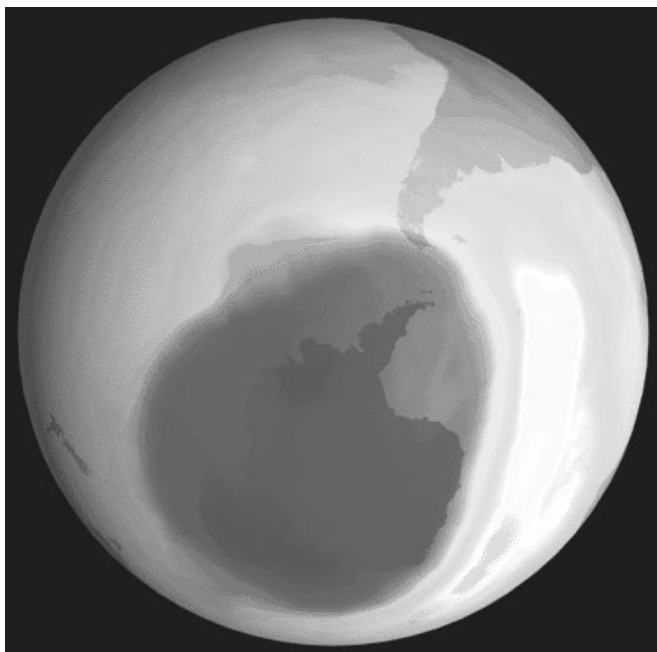
منواکسید کلر این بسیار فعال بوده و با مولکول ازن مجاور ترکیب می‌شود.



دی‌اکسید کلر این سپس به‌وسیله نور ماورای بنفش به کلر این و اکسیژن مولکولی تجزیه می‌گردد.



برآورد شده است که یک اتم کلر می‌تواند ۱۰۰/۰۰۰ مولکول ازن را تجزیه نماید. در اکتبر ۱۹۹۳ لایه ازن در قطب جنوب در حدود ۷۰٪ نازکتر از اندازه نرمال خودش شده بود. غلظت ازن در قطب جنوب حدود ۹۶ واحد دابسون (DU) بود در حالی که غلظت ازن در عرض‌های متوسط حدود ۴۰۰ دابسون بوده است (شکل‌های ۱-۱۱ و ۲-۱۱). با این حال، حفره قطبی دوام زیادی نداشت و در طی تابستان و احتمالاً وزش باد ناپدید شده است. علاوه بر این، لایه نازک کوچکی از لایه ازن در نواحی شمال در طی آوریل ۱۹۹۴ کشف گردید. تخریب ۲۰-۱۰ درصد ازن با میزان ۲۴۰ دابسون در ۱۹۹۳ گزارش گردیده است. در سطح جهانی ۵-۴ درصد ازن زمین نسبت به سال‌های ۱۹۸۰ تخریب شده است. روند تخریب لایه ازن ادامه دارد به‌طوری‌که گفته شده است تا سال ۲۰۵۰ میزان ۱۰٪ بیشتر از ازن تخریب خواهد شد که پیش‌بینی شده این منجر به ۳۰۰ میلیون سرطان پوست جدید خواهد شد.



شکل ۱۱-۲ حفره ایجادشده در لایه ازن.

انسان، کشاورزی و تولید غذا

در اواسط دهه ۱۹۶۰، هنگامی که پروژه گرسنگی جهانی مطرح شد، هیچ کس در مورد نقش کودهای معدنی (عناصر غذایی گیاهی، به طور عمده نیتروژن، فسفر و پتاسیم از منابع غیرآلی) در فرایند تولید غذا در کشورهایی که با کمبود غذا روبه‌رو بودند سؤال نکرد. در عوض، کاربرد کود یک جزء اصلی از اجزای سه‌گانه تکنولوژی یعنی بذر اصلاح‌شده، آبیاری، و کود بود. به عبارت دیگر، نظام‌های کشاورزی جهان شاهد تحول بزرگی بودند که با «انقلاب سبز» و ورود انواع نهاده‌های شیمیایی در قالب کودهای معدنی و آفت‌کش‌های شیمیایی آغاز گردید که برای بسیاری از کشورهای با تراکم جمعیت بالا مانند هند و چین مفید بوده باعث گردیدند که دوره نسبتاً کوتاهی (۲۰ تا ۲۵ سال) به‌خود کفایی غذایی برسند. این تحول که با استقبال عمومی در سراسر جهان مواجه شد، باعث افزایش چشمگیر تولیدات کشاورزی به اتکاء مصرف فشرده نهاده و انرژی گردید و در آغاز، آینده بهتری را برای تولید محصولات غذایی نوید می‌داد. با این حال، در فاصله کوتاه‌تر از نیم قرن به‌دلیل پی‌آمدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف فشرده نهاده‌های شیمیایی از جمله آلودگی منابع آب و خاک، به‌هم‌خوردن چرخه‌های اکولوژیکی، به مخاطره افتادن تنوع زیستی، ناپایداری سیستم‌های کشاورزی و به‌مخاطره افتادن سلامت انسان و موجودات زنده قطعیت یافت و محققین و برنامه‌ریزان توسعه کشاورزی را با چالش بزرگی روبه‌رو کرد.

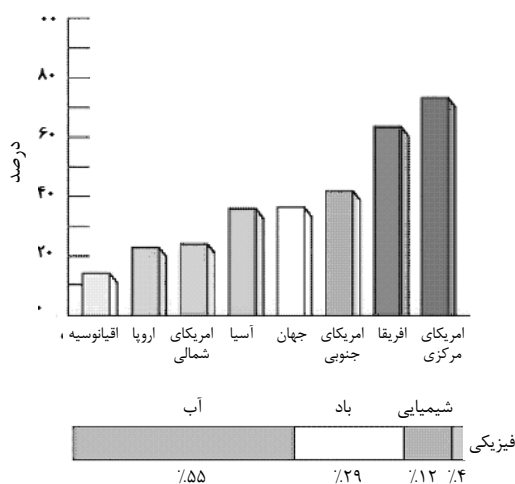
در اوایل سال‌های ۱۹۹۰ عمده‌تأ به دلیل مصرف سنگین کودهای معدنی در کشورهای توسعه‌یافته، کود موردنقد قرار گرفت. زیرا گمان می‌رفت آبتشویی نترات، انتشار گازهای گلخانه‌ای و جذب عناصر سنگین توسط گیاهان اثرات معکوسی بر محیط زیست به همراه دارند و در نتیجه کاربرد کود به عنوان دشمن محیط زیست قلمداد شد. بنابراین، از نظر اکولوژیست‌ها کشاورزی رایج به عنوان روشی مطرح گردید که به اصول اکولوژیکی توجهی ندارد و در بحث‌های اکولوژیکی اغلب از کشاورزی به عنوان فعالیت بشر در جهت تخریب سیستم‌های طبیعی یاد شده است و اکولوژیست‌ها به این نتیجه رسیدند که برای ایجاد یک حالت باثبات در امر کشاورزی باید اصول اکولوژیکی مانند حفظ محیط زیست، حفظ توازن طبیعی و تنوع و غیره در نظر گرفته شوند.

تأثیرات کشاورزی بر محیط زیست را به سه دسته می‌توان تقسیم نمود: محلی، ناحیه‌ای و جهانی. تأثیرات محلی آنهایی است که در محل زراعت یا نزدیکی‌های آن رخ می‌دهد؛ این تأثیرات شامل مواردی مانند فرسایش، ازدست‌رفتن خاک و افزایش رسوب‌گذاری در پایین دست رودخانه‌های محلی است. تأثیرات ناحیه‌ای عموماً نتیجه تأثیر ترکیبی فعالیت‌های کشاورزی در ناحیه بزرگتر مشترکی است. از جمله تأثیرات ناحیه‌ای می‌توان از تشکیل کویرها، آلودگی‌های بزرگ-مقیاس، افزایش رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها و مصب‌های عمده و تغییرات حاصلخیزی شیمیایی خاک در نواحی بزرگ نام برد. در زمره تأثیرات جهانی یا کره‌ای می‌توان از تغییرات اقلیمی و تغییرات بالقوه وسیع در چرخه‌های شیمیایی به عنوان مثال نام برد.

از جمله مشکلات زیست‌محیطی عمده ناشی از کشاورزی، باید جنگل‌زدایی، کویرزایی، فرسایش خاک، چرای بی‌رویه، تباهی منابع آب، شورشیدن، تجمع عناصر فلزی سمی، تجمع ترکیبات آلی سمی و آلودگی آب‌ها و پرغذایی آنها (اوتریفیکاسیون) را نام برد. از جنگ جهانی دوم به بعد فعالیت‌های تولیدی غذای بشر به بیش از یک میلیارد هکتار زمین آسیب جدی وارد آورده است. این مقدار زمین حدود ۱۰/۵٪ از بهترین خاک‌های جهان و مساحتی هم‌ارز مجموع چین و هندوستان است. چرای بی‌رویه، جنگل‌زدایی و فعالیت‌های کشاورزی مخرب به حدود ۹ میلیارد هکتار زمین تا به آن حد خسارت وارد آورده که بهبود آنها بسیار مشکل و حتی در خیلی از موارد غیرقابل جبران به نظر می‌رسد. احیای مجدد آنها نیازمند فعالیت‌های جدی است و دلیل این خسارات مربوط به اثر کشاورزی روی خاک است.

از بین بردن پوشش‌های طبیعی مانند جنگل، علفزار و حتی بقایای گیاهی می‌تواند منجر به آغاز ازدست‌دادن خاک حاصلخیز و یا کل خاکی که هزاران سال برای تشکیل آن زمان لازم بوده شود. بخشی از این وضع به دلیل فرسایش فیزیکی است. چراکه خاک بدون پوشش در معرض فرسایش آب و خاک قرار می‌گیرد. میزان فرسایش در کشور ایران به طور متوسط ۱۵ تن در هکتار است که این میزان در اروپا ۰/۲۵، استرالیا ۰/۲۸، امریکای جنوبی ۰/۸۴، آسیا ۳/۸ تن در هکتار بوده به طوری که میزان فرسایش در ایران چهاربرابر آسیای شرقی است.

عملیات مدیریت نادرست اکوسیستم‌های کشاورزی مانند شخم‌های برگردان و مکرر، استفاده از ماشین‌آلات سنگین موجب ازدست‌رفتن ساختمان فیزیکی مطلوب آن و فشردگی خاک شده است. خاک کشت شده حاصلخیزی عناصر شیمیایی محلول در آب خود را نیز از دست می‌دهد. گاه میزان ازدست‌رفتن



شکل ۳-۱۱ درصد تخریب اراضی در قاره‌های مختلف.

این عناصر نیمی از عناصر اولیه ضروری خاک است. البته اثرات شخم نامطلوب را نیز نباید نادیده گرفت. همه انواع کشت و زرع با فرسایش خاک همراه است. اما میزان این فرسایش با نوع محصول و شیوه کشاورزی فرق می‌کند. حدود یک سوم لایه سطحی خاک در امریکا با فرسایش تلف شده و ۸۰ میلیون هکتار زمین یا نابود گشته و یا اینکه بهره‌وریش حاشیه‌ای است. امروزه ۹۰٪ کشت‌های ردیفی و غلات ریزدانه امریکا بدون هرگونه ملاحظات درمورد حفظ خاک صورت می‌گیرد. گفته می‌شود که فرسایش درحال حاضر حتی بیش از دوره ایجاد تپه‌های شنی بزرگ در دهه ۱۹۳۰ است که طی آن ۴۰ میلیون هکتار از زمین‌ها به علت فرسایش‌های خاک از دور تولید کشاورزی (مولد بودن) خارج شده‌اند. برآورد شده است که از اراضی زراعی دنیا سالانه ۳ میلیون هکتار تخریب، ۴ میلیون هکتار تبدیل به بیابان و ۸ میلیون هکتار تبدیل به اراضی غیر کشاورزی می‌شوند (شکل ۳-۱۱ و جدول ۲-۱۱).

جدول ۲-۱۱ تأثیر نوع پوشش خاک بر متوسط فرسایش خاک.

سیستم کشت	متوسط ازدست‌دادن خاک (تن در هکتار)	درصد رواناب بارندگی
خاک بدون پوشش	۰/۴۱	۳۰
کشت مداوم ذرت	۱۹/۷	۲۹
کشت مداوم گندم	۱۰/۱	۲۳
تناوب ذرت-گندم-شیدر	۲/۷	۱۴
کشت مداوم علف چمنی	۰/۳	۱۲

تشکیل خاک در زمین‌های خوب از حدود ۱ میلی‌متر در هر دهه تا ۱ میلی‌متر در هر ۴۰ سال متغیر است. اما با مدیریت خوب می‌توان مقدار آن‌را تا یک میلی‌متر در هر سال افزایش داد. بدیهی است که یکی از راههای جبران فرسایش، تسریع در فرایند تولید خاک است. یکی از راههای مقابله با فرسایش ناشی از شخم آن‌است که در صورت امکان سیستم‌های شخم صفر، کاهش یافته و حداقل^۱، را جایگزین نمود. در کشاورزی شخم حداقل، زمین در بیشتر سال‌ها شخم نمی‌خورد و ریشه و ساقه‌هایی که بخشی از محصول نیست در مزرعه باقی می‌ماند تا پوسد. مساحت کشت‌های شخم صفر در امریکا از ۲ میلیون هکتار در سال ۱۹۶۲ به ۳۰ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۰ افزایش یافته است. روش‌های دیگر پایدارنمودن خاک عبارت‌اند از کشت مخلوط (کاشت چندین محصول با همدیگر در یک مزرعه)؛ تراس‌بندی یا کشت پلکانی؛ تناوب زراعی و شخم حداقل و صفر، مالچ و گیاهان پوششی و غیره.

۱. کاهش تنوع: انسان در آگرواکوسیستم‌ها تنوع را کاهش داده است؛ گونه‌های زیادی را از بین برده تا گونه موردنظر را پرورش دهد. این کاهش تنوع سبب بی‌ثباتی و ناپایداری می‌شود. به عبارت دیگر، هدف کلی استراتژی کشاورزی این‌است که جامعه طبیعی را که بسیار متنوع و باثبات، ولی از نظر مفیدبودن به حال انسان باردهی کمی به‌ازای هر واحد وزن داشته است، به‌وسیله یک سیستم کم‌تنوع و پربار جایگزین کند و در این راه ثبات را قربانی می‌کند. در راستای افزایش تنوع یکی از راه‌حل‌ها استفاده از کشت مخلوط است.

۲. استفاده از کودهای شیمیایی: یکی از اثرات استفاده از کودهای شیمیایی اوتریفیکاسیون منابع آبی است که قبلاً بحث شد. از طرف دیگر، مصرف کودهای شیمیایی نیترا ته سبب شده که نترات به آب آشامیدنی راه پیدا کند. وقتی NO_3 خورده شود، در بدن (معدله) تبدیل به نیتريت NO_2 می‌شود. NO_2 وقتی وارد سیستم گردش خون شود آهن هموگلوبین خون را به‌خود اختصاص داده و در نتیجه هموگلوبین کار خودش را که رساندن اکسیژن به بافت‌هاست به‌خوبی انجام نمی‌دهد و زمانی که اکسیژن به اندازه کافی به بدن نرسد باعث تنگی نفس می‌گردد. این بیماری به نام مت‌هموگلوبینه‌میا معروف است. وجود نترات‌ها در آب آشامیدنی بر روی نوزادان و مادران باردار بیشتر مضر است. مصرف کودهای شیمیایی سبب به‌هم خوردن تعادل غذایی در خاک و در نتیجه حساسیت بیشتر گیاهان به آفات و امراض نیز می‌شود. سرعت چرخه‌های بیولوژیکی با مصرف کودهای شیمیایی کاهش می‌یابند. کودهای شیمیایی معدنی مصنوعی خاک‌ها را تخریب و مولدبودن آنها را کاهش داده‌اند و در اثر آبهویی وارد آب‌های زیرزمینی و آشامیدنی شده‌اند که آلودگی آب‌ها به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی روبه‌روز مهم‌تر جلوه نموده و سلامت کلیه موجودات را به‌مخاطره انداخته است.

۳. استفاده از آفت‌کش‌ها: استفاده از آفت‌کش‌ها مزایا و معایبی دارد. مزیت استفاده از آنها این‌است که بسیاری از بیماری‌ها و آفات را کاهش و در نتیجه عملکرد محصولات کشاورزی را در کوتاه‌مدت افزایش می‌دهند. اما کسانی که با محیط زیست سروکار دارند معتقدند که باید از آفت‌کش‌ها استفاده کمتر و یا حداقل به‌اندازه نیاز ضروری مصرف شود.

1. Zero tillage, Reduced tillage, Minimum tillage

آفت کش ها شامل حشره کش ها، علف کش ها، قارچ کش ها و سایر سموم شیمیایی است. سموم شیمیایی اختلافات زیادی با هم دارند. به عنوان مثال، در بین سموم شیمیایی ترکیبات آلی - کلره:

۱. بسیار مقاوم به تجزیه هستند و نیمه عمر بیولوژیکی شان زیاد است.
 ۲. وسیع الطیف هستند یعنی یک حشره را از بین نمی برند بلکه تعداد زیادی حشره را نابود می کنند.
- اما سموم آلی فسفره:

۱. سرعت تجزیه شان زیاد است.

۲. اختصاصی تر عمل می کنند.

۳. درجه سمیت شان خیلی زیاد است.

بنابراین از نظر محیط زیست هر چند که مصرف سموم شیمیایی به طور کلی، توصیه نمی گردد اما اگر مجبور به استفاده باشیم سموم کم خطر تر فسفره بر سموم کلره ترجیح دارد.

مصرف سموم و آفت کش های شیمیایی روی محیط زیست و سلامتی موجودات زنده غیر هدف اثرات مخرب زیادی دارد. طبق گزارش سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) بیش از ۶۰٪ علف کش ها، ۹۰٪ قارچ کش ها، و ۳۰٪ حشره کش ها سرطانزا هستند و علاوه بر اثرات و ناراحتی های آبی، امراضی مانند عصبی، ژنتیکی و تولید مثلی ایجاد می نمایند. سازمان بهداشت جهانی (WHO) برآورد نموده است که بین ۳/۵ تا ۵ میلیون انسان در سال از اثرات مخرب آفت کش ها مستقیماً صدمه دیده و بیست هزار انسان در سال در اثر مصرف آفت کش های کشاورزی می میرند.

نه تنها مشکل آفات، امراض و علف های هرز در اثر مصرف آفت کش های شیمیایی حل نشده که مشکلات جدیدی مانند مقاومت^۱ به انواع آفت کش ها، داروهای دامی و آنتی بیوتیک ها و نیز وجود بقایای سموم^۲ در محصولات کشاورزی به وجود آمده اند. از بین بردن حشرات مفید و دشمنان طبیعی آفات، به وجود آمدن و شیوع آفت های جدید بر اثر از بین بردن دشمنان طبیعی آنها، تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر سایر موجودات و کاهش تنوع زیستی، آلودگی های آب و خاک و هوا از جمله اثرات مخرب آفت کش های شیمیایی هستند (جدول ۳-۱۱).

ایده های مختلف جهت کاهش مصرف آفت کش های شیمیایی مطرح و مورد توجه روزافزونی قرار می گیرند. از جمله: (۱) کنترل بیولوژیکی، استفاده از دشمنان طبیعی (صیادان، قارچ ها، باکتری ها، ویروس ها و سایر عوامل بیماری زا)؛ (۲) استفاده از روش ها و تکنیک های زراعی مانند تناوب زراعی، کشت گونه های خاص مقاوم، روش های آبیاری خاص، شخم زدن، قرنطینه کردن منطقه؛ (۳) عقیم کردن حشرات با استفاده از اشعه و یا مواد شیمیایی و رهاسازی مجدد عقیم ها در جمعیت به طوری که هم توازن طبیعی به هم نخورده و هم شانس تولید مثل کاهش یابد؛ (۴) استفاده از فرمون ها و نیز هورمون های رشد؛ (۵) استفاده از عصاره های گیاهی و (۶) روش های تلفیقی.

جدول ۳-۱۱ برخی از هزینه‌های ناشی از مصرف سموم شیمیایی آفت‌کش
(میلیون دلار آمریکا در سال) در چهار کشور مهم مصرف‌کننده آنها.

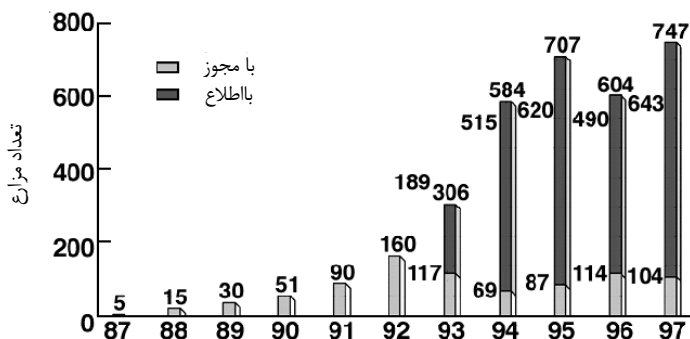
خسارت	چین	آلمان	انگلستان (UK)	آمریکا (USA)
هزینه مربوط به آب آشامیدنی	غیرموجود	۸۸	۱۸۲	۸۹۷
هزینه‌های مربوط به سلامتی انسان (کشاورزان، کارگران مزارع، روستاییان، مصرف‌کنندگان غذا). هزینه‌های امراضی مانند سرطان که در آینده ایجاد خواهند شد محاسبه نشده‌اند.	۹۰۰	۱۲	۲	۱۳۲
خسارت آلودگی به آب‌ها، مرگ ماهی‌ها، هزینه‌های جانبی تولیدات و صنایع دریایی	غیرموجود	۵۱	۶	۱۲۸
متوسط خسارت به تنوع زیستی داخل و خارج از مزرعه (ماهی، حشرات مفید، حیات وحش، زنبورها و حیوانات خانگی)	۳۵۰	۹	۶۴	۲۸۰
میانگین اثرات اقلیمی ناشی از مصرف انرژی برای ساخت آفت‌کش‌ها	۱۴۸	۴	۳	۵۵
جمع کل	۱۳۹۸	۱۶۶	۲۵۷	۱۴۹۲

در بخش تولیدات دامی نیز در جاهایی که تراکم دام زیاد بوده مشکلاتی به وجود آمده است مانند:

۱. **آلودگی هوا:** در اطراف مرغداری‌ها و دامپروری‌ها بوهای نامطبوع و همچنین ذرات جامد زیادی دیده می‌شود که ممکن است برای سلامت انسان مضر باشد.
۲. **آلودگی از نظر بیماری‌ها:** بعضی بیماری‌ها از طریق گوشت و یا فضولات آنها که به صورت کود دامی به مزارع داده می‌شود منتقل می‌شوند (مثل سبزی‌کاری‌ها) و گاه باعث ایجاد بیماری‌های مشترک بین انسان و دام می‌شود؛ از جمله شیوع بیماری‌هایی مانند آنفلوآنزای مرغی از این دسته‌اند.
۳. **آلودگی آب‌ها:** ورود پساب دامداری‌ها به منابع آبی سبب آلوده کردن منابع آبی شده و کدورت آب را بیشتر می‌کند، رنگ و طعم و بوی آب را تغییر و بالاخره اکسیژن محلول را کاهش می‌دهد که این اثرات موجب کاهش جمعیت آبزیان می‌شود.

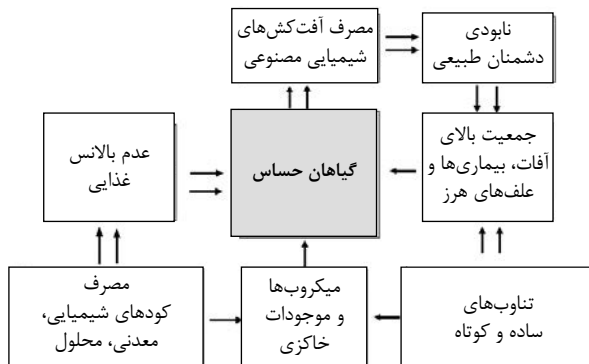
۴. **استفاده از مواد شیمیایی و داروهای دامی و نیز علوفه‌های دارای سموم:** در این زمینه نیز مواد شیمیایی به شیوه‌های مختلف وارد محیط شده و اثرات تابعی آن در محیط بروز خواهد کرد.

در بخش صنایع کشاورزی مهمترین اثرات از نظر آلودگی آب و خاک در اثر ورود محلول‌ها و مواد زاید صنایع غذایی مثلاً تغییر در pH، کدربودن، کاهش اکسیژن محلول، ورود مواد سمی و مواد کف‌زا که مانع نفوذ نور و مانع تبادل اکسیژن می‌شود، می‌باشد. همچنین استفاده از مواد افزودنی به محصولات غذایی راندمان مصرف انرژی را کاهش داده است. مثلاً محاسبه شده است که میزان انرژی که از مصرف یک قوطی کنسرو مواد غذایی حاصل می‌شود در مقایسه با میزان انرژی مصرفی در تولید حتی قوطی خالی، خیلی ناچیز است.

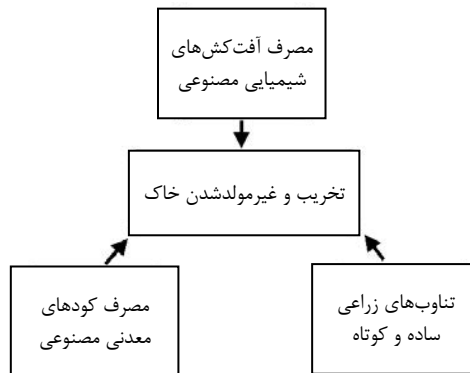


شکل ۴-۱۱ روند افزایشی در استفاده از موجودات تراریخته در دنیا.

از دیگر جهت گیری های نادرست کشاورزی رایج در بسیاری از کشورها استفاده از بذرها و موجودات زنده تراریخته^۱ (GMO) می باشد که مصرف این گونه مواد متأسفانه روند افزایشی دارد (شکل ۴-۱۱). برخی این جهت را همانند استفاده از آفت کش ها و کودهای شیمیایی در کشاورزی فعلی، خطرناک و نادرست می دانند و معتقدند که نظام های تولید و انسان ها عوارض بسیار خطرناک استفاده از GMO را در آینده نزدیک خواهند دید. روش های استفاده شده در کشاورزی رایج^۲ نه تنها مشکل تولید کافی غذا برای جمعیت انسانی موجود را حل نکرده است بلکه مشکلات مهمتری مانند آلودگی محیط، به مخاطره انداختن سلامت انسان ها و وابستگی بیشتر به نهاده های خارج از مزرعه گردیده که همگی سبب ناپایداری سیستم های تولید شده اند. روش های مدیریت غلط کشاورزی رایج (شکل ۵-۱۱) اکوسیستم کشاورزی را بسیار وابسته به نهاده های خارج مزرعه مانند آفت کش های شیمیایی، کودهای معدنی شیمیایی و انرژی ماشین آلات نموده است که آثار مخرب آنها بحث گردید. لازمه داشتن جامعه سالم، داشتن خاک سالم است. همانند یک انسان سالم که به دارو نیاز



شکل ۵-۱۱ مدیریت نادرست اکوسیستم کشاورزی رایج و مشکلات آن.



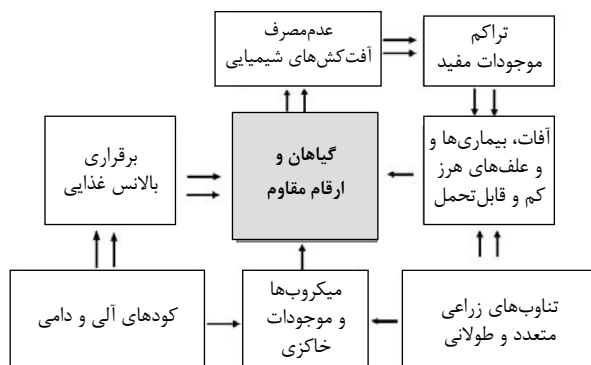
شکل ۶-۱۱ دلایل اصلی غیرمولد شدن خاک‌های کشاورزی در اثر مدیریت نادرست اکوسیستم‌های کشاورزی.

ندارد، خاک سالم نیز نیاز به آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی ندارد. در بسیاری از مناطق جهان به‌دلیل مذکور و اعمال تناوب‌های ساده و تک‌کشتی‌ها (شکل ۶-۱۱) خاک تخریب و غیرمولد گردیده است. به عبارت دیگر، هرچند که یکنواختی ژنتیکی نقش مهمی در کشاورزی نوین دارد ولی پایداری درازمدت کشاورزی را با کاهش تنوع ژنتیکی، حساس‌تر کردن محصولات زراعی به آفات و تغییرات محیطی و افزایش وابستگی سیستم‌های زراعی به نهاده‌های خارجی به خطر انداخته است.

پاسخ محققین به این مشکل، مدیریت اکوسیستم‌های کشاورزی بر مبنای اصول اکولوژیکی و درواقع رویکردی اگر و اکولوژیک به تولید محصولات کشاورزی است. امروزه در سرتاسر دنیا و مخصوصاً در کشورهای صنعتی و پیشرفته به دنبال سیستم‌های جایگزینی در کشاورزی هستند که ضمن توانایی تولید محصولات کافی و کیفی، حداقل تخریب محیط زیست و منابع را دربر داشته و در عین حال از ثبات و پایداری درازمدت نیز برخوردار باشند. کشاورزی زیستی^۱ به عنوان یکی از مناسبترین نظام‌های تولیدی جایگزینی سیستم‌های کشاورزی رایج مورد توجه متخصصین اکولوژی کشاورزی و محیط زیست، کشاورزان و عامه مردم و نیز دولتمردان و سیاستگذاران در سطح جهان قرار گرفته و تحقیقات وسیعی در زمینه ابعاد مختلف این نوع نظام‌های تولیدی پایدار به‌طور فزاینده‌ای رو به گسترش است. بر این اساس در دو دهه آخر قرن گذشته، واژه‌هایی نظیر «کشاورزی جایگزین»^۲، «کشاورزی بیولوژیک»^۳، «کشاورزی اکولوژیک»^۴ و «کشاورزی زیستی» در منابع علمی ظاهر گردید که هدف تمامی آنها طراحی الگوهایی جهت مدیریت اکوسیستم‌های کشاورزی بر مبنای اصول اکولوژیکی بود. در این میان، کشاورزی زیستی به عنوان یکی از انواع نظام‌های کشاورزی پایدار^۵ به دلیل انطباق بهتر آن با معیارهای زیست محیطی مورد توجه

1. Organic Agriculture
2. Alternative agriculture
3. Biological agriculture

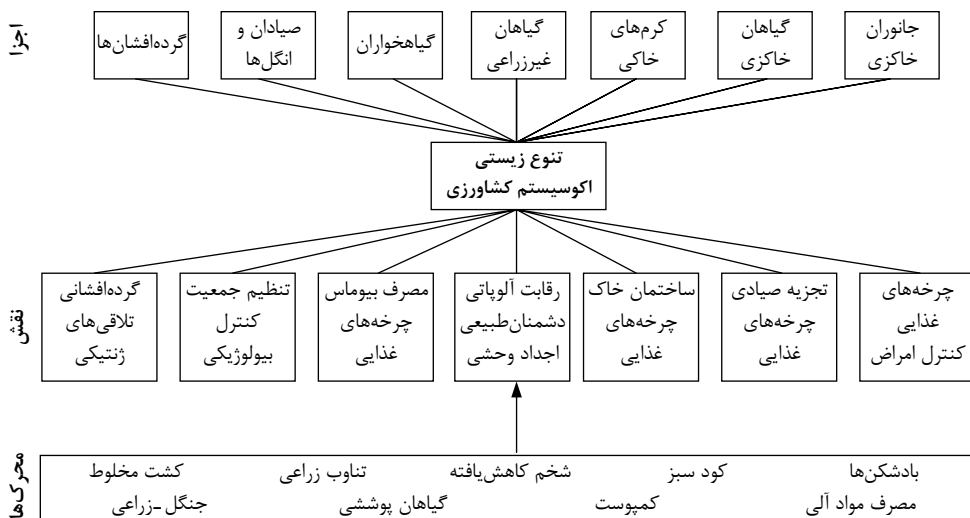
4. Ecological agriculture
5. Sustainable agriculture systems



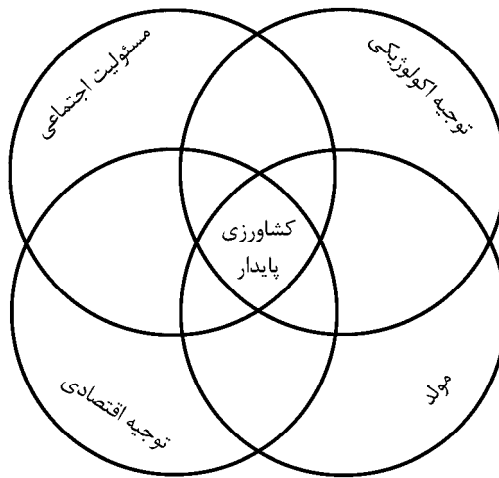
شکل ۷-۱۱ مهمترین عملیات کشاورزی اکولوژیک، که در جهت پایداری سیستم می باشند.

متخصصین و سیاستگذاران در سطح جهان قرار گرفت و تحقیقات وسیعی در زمینه ابعاد مختلف اکولوژیکی این نوع سیستم تولید شروع شده و به طور فزاینده ای رو به گسترش است.

در کشاورزی پایدار و اکولوژیک از مواد شیمیایی و کودهای معدنی استفاده نشده و یا حداقل در صورت ضرورت استفاده می گردد. تناوب های زراعی متنوع و طولانی بوده و از کودهای آلی برای تأمین حاصلخیزی استفاده می شود (شکل ۷-۱۱). افزایش فعالیت های بیولوژیکی و نیز تنوع زیستی به طرق مختلف (شکل ۸-۱۱) انجام می گردد.



شکل ۸-۱۱ مهمترین عملیات کشاورزی پایدار در جهت افزایش تنوع زیستی.



شکل ۹-۱۱ در طراحی بوم‌نظام‌های کشاورزی پایدار جنبه‌های اکولوژیکی، مولد بودن، اقتصادی و اجتماعی.

بنابراین، تأثیر انسان بر محیط زیست جهانی در بخش‌های مختلف و از جمله فعالیت‌های تولید و فرایندسازی چنان عظیم بوده است که امروزه عملاً در هیچ‌جا شرایط طبیعی قبل از دخالت آدمی را نمی‌توان مشاهده کرد. به همین جهت، اکولوژی مدرن بیشتر کاربردی شده است، بدین معنی که باید با این شرایط دگرگون‌شده زیست‌محیطی طوری کار کرد که شرایط مطلوبی برای همه موجودات زنده به‌خصوص انسان فراهم آید و حداقل از بدتر شدن وضعیت موجود جلوگیری نمود. با این حال، کوشش‌ها باید در جهت بازگرداندن و نگهداری شرایط زیست و همچنین اصلاح کیفیت آن در هر کجا که ممکن باشد معمول گردد.

منابع

- احسانی، م.؛ ه. خالیدی، و ی. برقی. ۱۳۸۷. *مقدمه‌ای بر آب مجازی*. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- احمدیان، م. ۱۳۸۱. *اقتصاد منابع تجدیدشونده*. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت). ۳۲۰ ص.
- الاحتشادی، ح؛ ع. سپهری، و ح. عکافی. ۱۳۸۸. *روش‌های اندازه‌گیری تنوع زیستی*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۲۸ ص.
- اردکانی، م. ۱۳۸۶. *اکولوژی*. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۴۰ ص.
- بهادری نژاد، م. ۱۳۷۳. استفاده از انرژی خورشیدی فرصتی مناسب برای احیای روحیه خودباروری و اعتماد به نفس در مهندسان، تأمین کلیه نیازهای انرژی کشور و حفاظت از محیط زیست. شریف. ش ۸: ۵۸-۵۱.
- پناهنده، ح. و ا. گویری. ۱۳۶۴. *مهندسی گرما خورشیدی* (ترجمه). ج ۱. مرکز نشر دانشگاهی.
- داهی، م. ر. و ف. مصلحی مصلح آبادی. ۱۳۷۵. *واژگان کشاورزی*. مرکز نشر دانشگاهی. ۲۷۸ ص.
- روشنی، ع. ۱۳۸۵. *اکولوژی عمومی*. انتشارات دانشگاه امام حسین (ع). ۱۱۰ ص.
- طراوتی، ح. ۱۳۸۷. *طرح/امید* (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- عدل، م.، آ. حق پرست کاشانی، ش. بزرگمهری. ۱۳۸۵. امکان‌سنجی بهره‌برداری از منابع انرژی زیست‌توده برای جبران کمبود گاز طبیعی و جایگزینی فرآورده‌های نفتی در نیروگاههای حرارتی کشور. اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی.
- قائم‌مقامی، س. ح.، ع. آزاد، ح. پناهنده و ف. گئولا. ۱۳۶۸. *انرژی خورشیدی طراحی*. انتشارات دانشگاه تهران. ج ۲. ۴۲۷ ص.
- کوچکی، ع. ۱۳۶۸. *غذا و انرژی در جامعه* (ترجمه). انتشارات جاوید. ۲۴۹ صفحه.
- کوچکی، ع. ۱۳۷۳. *کشاورزی و انرژی* (نگرشی اکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲۹ ص.
- کوچکی، ع. و غ. سرمدنیا. ۱۳۸۰. (ترجمه). *فیزیولوژی گیاهان زراعی*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ ص.
- کوچکی، ع.، م. جامی‌الاحمدی، ب. کامکار، و ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۰. (ترجمه). *اصول بوم‌شناسی کشاورزی*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۷۱ ص.
- کوچکی، ع. و م. حسینی. ۱۳۷۳. *کارایی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- کوچکی، ع. و م. حسینی. ۱۳۸۵. *بوم‌شناسی محیط زیست*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد (ترجمه). ۲۷۰ ص.
- کوچکی، ع.، ح. ظریف کتابی و ع. نخ‌فروش. ۱۳۸۰. (ترجمه). *رهیافت‌های اکولوژیکی مدیریت علف‌های هرز*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۵۷ ص.

- گودرزی، پ. ۱۳۸۶. خورشید، تبلور انرژی. روزنامه دنیای اقتصاد. شنبه ۲۲ دی ۱۳۸۶.
- مجد، ف. و م. ر. اردکانی. ۱۳۸۲. تکنیک‌های هسته‌ای در علوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۱ ص.
- میمندی‌نژاد، م. ج. ۱۳۷۱. (ترجمه) شالوده بوم‌شناسی.
- نصیری محلاتی، م.، ع. کوچکی و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۱. اثر تغییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی (ترجمه). ۳۸۸ ص.
- نصیری محلاتی، م.، ع. کوچکی، پ. رضوانی مقدم، و ع. بهشتی. ۱۳۸۰. (ترجمه). آگرواکولوژی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۵۹ ص.
- نوقابی، ا. س. ۱۳۶۸. مقدمه‌ای بر انرژی خورشیدی برای محققان و مهندسان (ترجمه). ۳۵۱ ص.
- وهاب زاده، ع. ۱۳۸۲. شناخت محیط زیست: زمین سیاره زنده (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۶۸۰ ص.
- Allaby, M. 1998. *Dictionary of ecology*. Oxford university press. 440pp.
- Altieri, M. A., and C. I. Nicholls. 2004. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Food products press. 236pp.
- Anderozzi, M., P. Bagnoli, G. Gabbani and M. Negri. 2004. An urban low-enthalpy geothermal initiative as sustainable development opportunity the environmental assessment issues in an urban industrialized area I the geothermal state of Europe. In: N.H. Afghan and M. da G. Carvalho (eds.). *New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development*. Swets & Zeitlinger B.V., Lisse. pp: 481.
- Anonymous. 1996. solar water heating. available at: <http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy96/17459.pdf>
- Attra. 2006. Renewable Energy Opportunities on the Farm. available at: attra.ncat.org/attra-pub/PDF/energyopp.pdf.
- Antonopoulou, G., H.N. Gavala, I.V. Skiadas, K. Angelopoulos, and G. Lyberatos, 2007. Biofuels generation from sweet sorghum: Fermentative hydrogen production and anaerobic digestion of the remaining biomass. *Bioresource Technology* **11**, 0-48.
- Badran, O. 2003. Wind turbine utilization for water pumping in Jordan. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. **91**: 1203–1214.
- Balat M. 2006. Fuel Characteristics and the Use of Biodiesel as a Transportation Fuel, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* **28**, 855–864.
- Barbosa, E.M. de S., C. Tiba, C.J.C. Salviano, A.M. Carvalho and M.F. Lyra. 2000. Photovoltaic water pumping systems installer training: a partnership experience between the university and São Francisco hydroelectric power plant. *Renewable Energy*. **21**: 187-205.
- Begon, M. Townsend, C. R. and J. L. Harper. 2006. *Ecology: From individual to Ecosystems*. Blackwell Publishing.
- Ben Mohamed, M. The utilization of geothermal energy in agriculture in Kebili region, southern Tunisia. Available at: www.geothermie.de/egec-geothernet/proceedings/szeged/O-8-02.pdf.
- Bernabo, J.C. 1989. Relationships between global climate change and other air quality issues. In: J.C. White (ed.), *Global Climate Change linkages, Acid Rain, Air Quality and Stratospheric Ozone*. Elsevier Science Publishing Company, Inc. pp: 262.
- Boyle, G. 2004. *Renewable energy, power for a sustainable future*, 2nd edition. Oxford University Press.
- Briggs, D., P. Smithson, k. Addison, and K. Atkinson. 1997. *Fundamentals of the physical Environment*. Routledge publisher. 557pp.
- Chemkhi, S., F. Zagrouba, A. Bellagi. 2004. Drying of agricultural crops by solar energy. *Desalination*. **168**: 101-109.
- Chen, F., N. Duic, L.M. Alves. 2007. *Renewislands. Renewable energy solutions for islands*. 11: 1888-1902.

- Demirbas, A.H. Demirbas, I. 2007. Importance of rural bioenergy for developing countries. *Energy Conversion and Management Journal*. 48: 2386-2398.
- Demirbas, A. 2007. Progress and recent trends in biofuels. *Progress in Energy and Combustion Science*. **33**: 1-18.
- Demirbas, A.H., and I. Demirbas, 2007. Importance of rural bioenergy for developing countries. *Energy Conversion and Management* **3**, 0-5.
- Department of Trade and Industry (dti). 2006. Energy – its impact on the environment and society. <http://www.dti.gov.uk/files/file32546.pdf>
- Deshmukh, S.S. and R.F. Boehm, 2007. Review of modeling details related to renewably powered hydrogen systems. *Renewable and Sustainable energy reviews* Article in Press.
- Dewil, R., L. Appels, J. Baeyens, and J. Degreè. 2007. Peroxidation enhances the biogas production in the anaerobic digestion of biosolids. *Journal of Hazardous Materials* **146**, 577–581.
- Dickinson, G., and k. Murphy. 2007. Ecosystem. Routledge publisher. 205pp.
- Dickson, M.H. and M. Fanelli. 2004. What is Geothermal Energy? available at: [iga.igg.cnr.it/documenti/geo/Geothermal Energy.en.pdf](http://iga.igg.cnr.it/documenti/geo/Geothermal%20Energy.en.pdf)
- Dodson, S. I., T. F. H. Allen, S. R. Carpenter, A. R. Ives, R. L. Jeanne, J. F. Kitchell, N. E. Langston and M. G. Turner. 1998. Ecology. Oxford university press. 434 pp.
- Elbassam, N. 2005. Energy plant species. James & James (Science publishers) Ltd. London, UK, P. 321.
- Ellis, A. and J.W. Strachan. 1998. solar systems for use in agriculture with a case study: livestock water and drip irrigation. 3rd International Symposium on Fertilization and Irrigation. leon, Guanajato.
- Eubionet. 2003. Liquid biofuels network. Activity Report, 1.1.2002 – 31.03.2003. European Bioenergy network. France.
- Fishman, J. 2003. Overview: Atmospheric Chemistry. In: T.D. Potter and B.R. Colman (eds), *Handbook of Weather, Climate and Water, Atmospheric Chemistry, Hydrology and Social Impacts*. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. pp: 966.
- Flamos, A., J. Psarras and J.E. Samouilidis. 2004. The integrated development and environmental additionality assessment system (IDEAAS). In: N.H. Afghan and M. da G. Carvalho (eds.). *New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development*. Swets & Zeitlinger B.V., Lisse. pp: 481.
- Foster, R. 2007. Photovoltaic markets and applications. <http://www.epsea.org/pv.html>
- Gelegenis, J., Georgakakis, D., Angelidaki, I., Christopoulou, N. and Goumenaki, M. 2007. Optimization of biogas production from olive-oil mill wastewater, by codigesting with diluted poultry-manure. *Applied Energy* **84**, 646–663.
- Gipe, P. 2004. Wind Power. James and James (Science Publishers) Ltd. pp: 496.
- Giron, E. 2007. The hydrogen refuelling plant in Madrid. *International Journal of Hydrogen Energy* **32**, 1404-1408.
- Hakansson, S. 2003. weeds and weed management on arable land (An ecological approach). CABI publishing. 274pp.
- Hardy, J.T. 2003. Climate Change, Causes Effects and Solutions. John Wiley & Sons Ltd. pp: 247.
- Hofman, V. 2003. Biodiesel fuel. North Dakota State University, Fargo, North Dakota 58105.
- Horrihan, L., R.S. Lawrence, and P. Walker, 2002. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environ. Health Perspect* **110**, 445–456.

- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Summary for plicymakers, A report of working group 1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change. pp: 2-17.
- Jäger, F. 1981. Solar Energy Applications n Houses, Performance and Economics in Europe. Pergamon Press. pp: 176.
- Katinas, V., A. Markevicius, and A. Kavaliauskas 2007. Current statues and prospects of biomass resources for energy production in Lithuania. *Renewable Energy* **32**, 884-894.
- Kelly-Yong, T.L., K.T. Lee, A.R. Mohammad, and S. Bhatia 2007. Potential of Hydrogen from oil palm biomass as a source of renewable energy worldwide. *Energy Policy* **35**, 5692-5701.
- Komis, D. 2004. Charring Peanut Shells for Hydrogen Fuel. USDA. Agricultural research service.
- Kreb, C. J. 2001. Ecology (The experimental analysis of distribution and abundance). Benjamin cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc. 692pp.
- Krebs, J. R. and N. B. Davies. 2003. An Introduction to behavioral ecology. Blackwell Publishing.
- Lampkin, N. 2006. Organic Farming. Farming Press, United Kingdom, 701pp.
- Lehtomäki, A., S. Huttunen, and J.A. Rintala 2007. Laboratory investigations on co-digestion of energy crops and crop residues with cow manure for methane production: Effect of crop to manure ratio. *Resources, Conservation and Recycling* **51**: 591–609.
- Lund, J.W. and D. Freeston, 2001. World-wide direct uses of geothermal energy. 2000. *Geothermics* **30**, 29. 68.
- Lewis, C. 1984. The need for an alternative energy strategy in the agricultural economies of the Third World. *Energy*. **9**: 651-659.
- Lund, J.W. 2007. Geothermal energy in Hungary. Available at: geoheat.oit.edu/pdf/tp30.pdf.
- Lund, J. W., and D. Freeston, 2001. World-wide direct uses of geothermal energy. 2000. *Geothermics*. **30**: 29. 68.
- Lupwayi, N.Z., M.A. Monreal, G.W. Clayton, C.A., Grant, A.M. Johnston, and W.A. Rice, 2001. Soil microbial biomass and diversity respond to tillage and sulphur fertilizers. *Canadian Journal of Soil Sciences* **81**, 577–589.
- Mackenzie, A., A. S. Ball, and S. R. Virdee. 2001. Ecology (Instant Notes). BIOS scientific publisher. 339pp.
- Morris, M. and V. Lynne. 2002. solar-powered livestock watering systems. Available at: <http://www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/solarlswater.pdf>.
- Mulder, G., J. Hetland. G. Lenaers. 2007. Towards a sustainable hydrogen economy: hydrogen pathway and infrastructure. 32: 1324-1331.
- Oehl, F., E. Sieverding, P. Mader, D. Dubois, K. Ineichen, T. Bollner, and A. Wiemken, 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* **138**, 574–583.
- Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. 2002. Agricultural Applications of solar energy. available at: www.p2pays.org/ref/24/b/23989.htm.
- Ostrovsky, M. and Hilligoss D. 2006. Sulphur and Phosphorus Analysis in Vegetable Oil and Beef Tallow for Biodiesel Production Using the Optima Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer. *Field Application Report*. www.perkinelmer.com.
- Pahl, G. 2005. Biodiesel. Chelsea Green Publishing Company. USA, pp 281.
- Parris, K. 2004. Agriculture, biomass, sustainability and policy: an overview. OECD conference. The organization for economic cooperation and development (OECD)
- Patal, S. and Pant, K.K. 2007. Hydrogen production by oxidative steam reforming of methanol using ceria promoted copper- alumina catalysis. *Fuel Processing Technology* **88**, 825-832.

- Patterson, M.G. 1996. What is energy efficiency? concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy* **24**, 377-390.
- Pei-dong, Z., J. Guomei, and W. Gang, 2007. Contribution to emission reduction of CO₂ and SO₂ by household biogas construction in rural China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **11**, 1903-1912.
- Pimentel, D., G. Beradi, and S. Fast, 1983. Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **9**, 359-372.
- Pimentel, D., N. Brown, F. Vecchio, V. La Capra, S. Hausman, O. Lee, A. Diaz, J. Williams, S. Cooper, E. Newburger, 1992. *Journal of Agricultural Environment Ethics*. **5**: 113-146.
- Popovski, K. and S. Popovska-vasilevska. 2001. Feasibility of geothermal agricultural projects at the beginning of xxi century. *GHC bulletin*: 38-46.
- Pretty, J. 2005. The pesticide detox. Earthscan(Science publisher). 294pp.
- Ramachandra, T.V., G. Kamakshi, and B.V. Shruthi 2004. Bioresource status in Karnataka. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **8**, 1-47.
- Richter, S. and Wagner, U. 2006. Renewable Energy book. pp. 483-492.
- Reganold, J.P., Elliott, L.F. and Unger, Y.L. 1987. Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature* (London) **330**, 370-372.
- Rich, D., J./M. Veigel, A.M. Barnett and J. Byrne (eds). 1983. The Solar Energy Transition, Implementation and Policy Implications. Westuical Press Inc. pp: 186.
- Richter, S., U. Wagner. 2006. Renewable Energy book.pp. 483-492.
- Ritche, J. D., 1983. Sourcebook for farm energy alternatives. McGraw-Hill, Inc.
- Ryckmans, Y. and den F.V. Spiegel, 2004. Biomass gasification and use of syngas as an alternative fuel in a Belgian coal-fired boiler. In: *New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development* (eds Afghan, N.H. Carvalho M.G., Swets & Zeitlinger B.V., Lisse. pp: 481.
- Satcunanathan, S. and P. Ganhidasan. 1980. Thermal performance of flat plate solar collectors using an air gap and/or radiation shields and rear insulation. In: T.N. Veziroglu. (ed.), *Alternative Energy Sources III*. vol 1 Solar Energy1. Hemispher Publising Corporation.
- Schenk, Niels J., H. C. Moll, J. Potting, R. M. J. Benders, Wind energy, electricity, and hydrogen in Netherlands,2007. *Energy Journal* **32**,1960-1971
- Schnepf, R. 2006. CRS Report for Congress. Agriculture-Based Renewable Energy Production. available at: fpc.state.gov/documents/organization/68294.pdf.
- Scorer, R.S. 2002. Air Pollution Meteorology. Horwood Publishing. pp: 150.
- Scurlock, J.M.O., D.O. Hall, and J.I. House 1993. Utilising biomass crops as an energy source: a European perspective. *Water, Air, and Soil Pollution* **70**, 499-518.
- Schwolsky, R. and J.I. Williams. 1982. The Builders Guide to Solar Construction. McGraw-Hill, Inc. pp: 266.
- Smit, R., M. Weeda, and A.D. Groot, 2006. Hydrogen infrastructure development in the Netherlands. *International Journal of Hydrogen Energy* **32**, 1387-1395.
- Smith, P., D.b Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B.g. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, and J. Smith, 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **363**, 789-813.
- Stacey, F.D. and D.E. Loper, 1988. Thermal history of the Earth: a corollary concerning non-linear mantle rheology. *Physics of The Earth and Planetary Interiors* **53**, 167-174.
- Stiling, P. 2004. Ecology (Theories and Applications). Prentice- Hall, Inc. 403pp.
- Stout. B. A., 1984. Energy Use and Management in Agriculture. Breton Publishers.

- Sukhatme, S.P. 1996. Solar Energy, Principles of Thermal Collection and Storage. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. pp: 426.
- Swesi, Y., P. Kerleau, I. Pitault, F. Heurtaux, and D. Ronze, 2007. Purification of hydrogen from hydrocarbons by adsorption for vehicles application. *Separation and Purification Technology* **56**, 25-37.
- Taylor, F.W. 2005. Elementary Climate Physics. OXFORD University Press. pp: 212.
- Thompson, T.L. and R.O. Pierce. 1987. Solar Grain Drying Management, Agricultural Energy. vol 1. Solar Energy Livestock Production. American Society of Agricultural engineers. pp: 72.
- Tiwari, G.N. and M.K. Ghosal, 2005. Renewable Energy Resources, Basic Principles and Applications. Alpha Science International Ltd. Harrow, U.K. 649pp.
- Uhlen, H.E. 1998. Energy productivity of technological agriculture-lessons from the transition of Swedish agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **73**, 63-81.
- Wee, Hung-Ho. 2007. Applications of proton exchange membrane fuel cell systems. Renewable and Sustainable energy reviews. 11: 1720-1738.
- Williams, B. 2004. Community Biomass Gasification. In: Knowles, M., I. Burdon and R. Beith (eds.). Micro Energy Systems. Professional Engineering Pub.
- Wood, R., M. Lenzen, C. Dey, and S. Lundie, 2006. A comparative study of some environmental impacts of conventional and organic farming in Australia. *Agricultural Systems* **89**, 324-348.
- Worley, J.W. and Cundiff, J.S. 1992. Ethanol from sweet sorghum: A comparison of four harvesting/processing systems. In: Cundiff, J.S. (ed.). Liquid Fuels from Renewable Resources. American Society of Agricultural Engineers.
- Yogi Goswami, D. 1986. Alternative Energy in Agriculture. vol 1. CRC Press. pp: 226.
- Yogi Goswami, D. 1986. Alternative Energy in Agriculture. vol 2. CRC Press. pp: 181.
- Yuan, W. and Bandosz, T.J. 2007. Removal of hydrogen sulfide from biogas on sludge-derived adsorbents. *Fuel* **86**, 2736-2746.
- Zamorano, M., Pérez Pérez, J. I., Pavésc, I. A. and Ridaoa, Á.R. 2007. Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **11**, 909-922.
- Ziada, H. 2006. System Analysis of using Tall Oil as a Biodiesel Feedstock. Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto.

واژه‌نامه

واژه‌های زیر ممکن است معانی متعدد دیگری نیز داشته باشند اما کتاب حاضر به رایج‌ترین مفاهیم آنان در اکولوژی پرداخته است.

A

Abyssal zone

عمیق‌ترین و تاریک‌ترین قسمت دریا (در حدود اعماق ۴۰۰۰ متری) که نور به آنجا نمی‌رسد و به‌ندرت گیاه و حیوان مشاهده می‌شود.

Abyssal benthic zone

منطقه اعماق پایین‌تر از ۱۰۰۰ متری دریا

Abyssopelagic

موجودات عمیق‌ترین قسمت دریا، که در اعماق بیشتر از ۳۰۰۰ متری هستند.

Ac

علامت شیمیایی عنصر اکتنیوم

Acaulous perennial

گیاهان دائمی بدون ساقه

Acarid

کنه، حشره کوچکی که با سوراخ کردن و مکیدن گیاهان و جانوران از آنها تغذیه می‌کند.

Acaricide

کنه کش، سمومی که برای کشتن کنه‌های به‌کار می‌رود.

Acaro

کلمه پیشوندی است مشتق از acarus به معنی کنه.

Access

دسترسی، حق مالکیت، حق ورود به املاک خصوصی از سوی دادگاه، حق رفت‌وآمد

Accidental species

گونه‌های اتفاقی، گونه‌هایی که اهمیت کمتری در اجتماع دارند.

Acclimation(syn: acclimatization)

اقلیم‌پذیری، بوم‌پذیری، تطبیق موجود زنده با تغییر شرایط محیطی

Acclimatize

۱. تطبیق دادن با اقلیم و تغییرات محیطی،

۲. عادت کردن به محیطی متفاوت

Accommodation

بوم‌گزینی، مسکن

Accumulate

تجمع‌یافتن، افزایش اندازه یا مقدار چیزی در طول زمان

Acidification

اسیدی‌شدن، فرایندی که باعث اسیدی‌شدن می‌گردد.

Acidify

اسیدی‌شدن مواد

Acidity

میزان اسید در یک محلول

Abate

ضعیف شدن

Abatement

کاهش، تضعیف

Abiotic

غیرزنده، غیرزیستی، بی‌جان

Abiotic elements

عناصر یا اجزای بی‌جان

Abiotic factors

عوامل غیرزنده مانند دما، رطوبت و سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی

Abiotic substance

ماده بی‌جان

Abiotic system

سیستم بی‌جان

Ablation

جداشدن یا ازبین‌رفتن لایه بالایی چیزی مانند ذوب شدن برف یا یخ

ABO system

سیستم طبقه‌بندی گروه‌های خونی

Abscission

ریزش؛ جداشدن برگ، میوه و یا سایر اندام‌های گیاه در اثر تشکیل لایه جداکننده

Absolute

۱. کامل، ۲. مطلق، ۳. نقطه نهایی

Absolute humidity

رطوبت مطلق، میزان آب موجود در حجم معینی از هوا

Absolute zero

صفر مطلق، درجه‌حرارت بین صفر درجه کالوین یا ۲۷۳/۱۵- درجه سانتیگراد یا ۴۵۹/۶- درجه فارنهایت

Absorb

جذب کردن یا مصرف کردن؛ جذب چیزی به وسیله یک عامل شیمیایی، به عنوان مثال جذب رطوبت هوا به وسیله نمک

Absorbent

جاذب، جذب کننده

Absorption

جذب مایع به داخل جامد

Abstraction

مجزا، جدا

Abundance

فراوان، مقدار یا تعداد زیادی از یک چیز

Abundant

فراوان، به تعداد زیادی موجودبودن

Abyss

۱. سوراخ خیلی عمیق، ۲. قسمت خیلی عمیقی از دریا

Abyssal

عمیق‌ترین قسمت دریا

ADI (Acceptable Daily Intake)

مقدار یک ماده الحاقی که یک شخص می‌تواند در روز مصرف کند، بدون اینکه سلامتی او به‌هم بخورد.

Adiabatic

فرایندی که هیچ گرمایی از سیستم خارج یا به آن وارد نمی‌شود.

Adiabatic lapse rate

میزان تغییرات درجه‌حرارت در ازای افزایش ارتفاع (۱۰°C به‌ازای افزایش ۱۰۰۰ متر در هوای خشک و ۵/۸°C در ازای افزایش ۱۰۰۰ متر ارتفاع در هوای مرطوب)

Adiabatically

بدون از دست دادن یا به‌دست آوردن گرما

Adipose Tissue

چربی بدن با بافتی که سلول‌های آن دارای چربی بوده و در اثر تغذیه زیاد فرد جایگزین بافت‌های معمولی شده است.

Adjust

تطابق یا تغییر برای سازش به شرایط جدید

Adjustment

تطبیق یا فرایند تغییر فیزیکی در عکس‌العمل به تغییرات محیطی شدید

Adsorb

اتصال جامد با گاز یا بخاری که در تماس با سطح آن بوده است.

Advanced gas-cooled reactor (AGR)

نوعی راکتور اتمی که دی‌اکسید کربن به‌عنوان سردکننده استفاده شده و به داخل مخازن آب وارد شده تا بخار حاصل را برای توربین‌ها افزایش دهد.

Advection

حرکت هوا در جهت افقی

Adventitious

ناپجا، ریشه‌هایی که از قسمت‌هایی غیر از ریشه گیاه حاصل می‌شوند.

AEC

کمیسیون انرژی اتمی ایالات متحده

Aerate

نفوذ هوا به داخل یک سطح

Aerial

هوایی

Aerobic

هوازی، نیاز به اکسیژن برای حیات

Aerobic decomposers

تجزیه‌کنندگان هوازی، میکروارگانیسم‌های که برای تجزیه مواد آلی زاید به دی‌اکسید کربن و آب نیاز به اکسیژن دارند.

Aerobic respiration

تنفس هوازی

Aerobiosis

هوازیستی

Aerosol

اثر آئروسول، ذرات ریز جامد یا مایع معلق در اتمسفر

Aestivation

خواب تابستانی، حالتی که در بعضی از جانوران بیابانی در طی دوره‌های خیلی گرم و خشک ایجاد شده و باعث کاهش فعالیت یا به خواب رفتن آنها می‌شود.

Aetiology (etiology)

مطالعه علت یا منشأ بیماری‌ها

Aetiological agent

عامل بیماری‌زا

Afforestation

جنگل‌کاری

Aflatoxin

ماده بسیار سمی که به‌وسیله قارچ *Aspergillus flavus* تولید شده و در روی دانه‌ها و میوه‌ها توسعه می‌یابد.

Aftershock

لرزش‌های خفیف‌تری که پس از لرزش اصلی در زلزله ایجاد می‌شود.

Ag

علامت شیمیایی عنصر نقره

Agar (agar agar)

آگار، ماده‌ای که از علف هرز دریایی ایجاد شده و برای کشت باکتری‌ها به‌عنوان محیط کشت آزمایشگاهی به کار می‌رود.

Acid rain

باران اسیدی، باران یا برفی که میزان اسید آن بیشتر از حد معمول باشد، بارانی که به‌علت وجود اسیدنیتریک و اسیدسولفوریک دارای اسیدیته پایینی است.

Acid soot

ذرات کربن‌اسید که از دود یا دودکش‌ها خارج می‌شوند.

Acoustics

مطالعه صدا به‌خصوص میزان صدا در ساختمان‌ها

Acoustician

صداشناس، متخصص صدا

Acquired

اکتسابی، حالتی که غیرارثی بوده و تنها در اثر عکس‌العمل به محیط ایجاد شده است.

Acre

ایکر، واحد اندازه‌گیری سطح زمین، معادل با ۰/۴۰۴۷ هکتار

Act

عمل کردن

Actinide

یکی از عناصر رادیواکتیوی که در یک گروه جای دارند. یک عنصر رادیواکتیو طبیعی حاصل از تجزیه اورانیوم ۲۳۵

Actinobiology

بخشی از علم زیست‌شناسی که درباره آثار تشعشعات نورانی بر موجودات زنده بحث می‌کند.

Action

کنش، اثر محیط فیزیکی بر موجودات زنده

Activate

فعال کردن، فعال‌ساز

Activated carbon (activated charcoal)

شکلی از کربن است که گازها را جذب می‌کند و در ماسک‌های گازی یا فیلترهای کنترل‌کننده آلودگی به کار می‌رود یا قبل از آنکه مصرف‌کنندگان اهلی از آب استفاده کنند به آب می‌افزایند.

Activated sludge

فاضلابی که حاوی هوا و میکروارگانیسم‌های فعالی بوده و برای افزایش سرعت فرایند خالص‌سازی با فاضلاب تیمار یافته مخلوط می‌گردد.

Activating energy

انرژی فعال‌ساز

Active solar collector

جمع‌آوری‌کننده انرژی خورشیدی، وسیله‌ای که انرژی خورشید را متمرکز می‌کند.

Acute

۱. مشکل یا وضعیتی که به‌سرعت جدی می‌شود.
۲. بیماری که به‌سرعت می‌تواند خطرناک باشد (حاد).

Acyclic processes

فرایندهای غیرچرخه‌ای

Adapt

سازش، تغییر یافتن برای تطابق با شرایط جدید

Adaptability

سازش‌پذیری

Adaptable organism

موجود زنده سازش‌پذیر

Adaptation

سازگاری، تغییر در یک موجود زنده برای اینکه بهتر قادر به بقای تولیدمثل باشد.

Adaptive radiation

توسعه گونه موجود زنده دارای یک منشأ به فرم‌های مختلفی که قادر به تطابق با شرایط محیطی متفاوت باشند.

Additive

افزودنی، مواد شیمیایی الحاقی، مواد شیمیایی که به‌خصوص برای بهبود ظاهر غذا و یا جلوگیری از فساد آن اضافه می‌شود.

Air contamination آلودگی هوا
Air mass توده هوا، حجم خیلی بزرگی از هوا در اتمسفر که هزاران کیلومتر مربع را پوشانده و از نظر درجه حرارت و میزان بخار آب یکنواخت می‌باشد.
Air pollutant موادی (مانند گازها یا دود) که هوا را آلوده می‌کنند، آلاینده‌های هوا
Air pollution آلودگی هوا
Air pollution episode رویداد آلودگی هوا، دوره‌ای که میزان آلودگی هوا به حدی باشد که برای سلامتی انسان مخاطره‌آمیز باشد.
Air pollution index شاخص آلودگی هوا
Air pollution monitoring تحت نظر داشتن و مراقبت دائمی آلودگی هوا
Air pressure فشار هوا، وزن اتمسفر روی یک واحد سطح زمین
Air purification (air treatment) پاکسازی هوا
Air stability ثبات نسبی بخش‌های هوا در اتمسفر
Air treatment (air purification) پاکسازی هوا
Airborne حمل شده به وسیله هوا
Air stream جریان هوا در یک جهت خاص
Al علامت شیمیایی عنصر آلومینوم
Albedo آلبدو، شاخص توانایی یک سطح برای انعکاس نور، یعنی نسبت تشعشع برخورد کرده به سطح به تشعشع منعکس شده.
Aldehyde یکی از ترکیبات هیدروکربن است که در دود یافت می‌شود.
Aleurone پروتئینی که در پوسته خارجی دانه‌های گیاهان پیدا می‌شود.
Algae جلبک
Algal جلبکی
Alien گونه‌های موجود زنده‌ای که بومی یک منطقه نبوده، بلکه به وسیله انسان به آنجا معرفی شده‌اند.
Alimentation خوردن یا جذب غذا
Alimentary system سیستم اندام‌ها در بدن (مثل گلو، معده و غیره) که غذا از آنجا عبور و هضم می‌شود.
Allelopathy آلوپاتی، صدمه یک گیاه به گیاه دیگر، جنگ شیمیایی گیاهان علیه همدیگر، حالتی که یک گیاه مواد شیمیایی بر علیه گیاه یا گیاهان دیگر از خود آزاد می‌کند.
Allergen موادی که حساسیت شدید ایجاد می‌کنند.
Allo پیشوندی است به معنی متفاوت
Allogamy باروری به وسیله دانه گرده گل‌های دیگر یا گل‌های گیاهان متعلق به یک گونه که از نظر ژنتیکی اختلاف دارند.
Allogenic factor عوامل آلوژنیک، عواملی که از خارج جامعه رسوخ کرده و بر جریان توالی تأثیر می‌گذارند.

Age class رده سنی
Age distribution توزیع سنی، نسبت افراد در سنین مختلف در یک جمعیت
Age group گروه سنی
Age pyramids هرم‌های سنی، برای بیان توزیع و پراکندگی سنی جمعیت‌ها از اشکالی به نام هرم‌های سنی استفاده می‌شود. در این شکل‌ها در محور افقی درصد یا تعداد افراد در سنین مختلف و در محور عمودی طول عمر یا سن افراد نشان داده می‌شود.
Age – sex pyramids هرم‌های سنی -جنسی، اشکالی هستند که برای بیان توزیع و پراکندگی سنی و جنسی جمعیت‌ها به کار می‌روند.
Age structure ساختمان سنی، چگونگی توزیع رده‌های سنی در جمعیت بدتر شدن، تشدید یافتن
Aggravate شکستن سنگ‌هایی که برای ساختن جاده‌ها به کار رفته‌اند.
Aggregate تجمع موجودات زنده در یک گروه
Aggregation تجمع فضایی
Aggregation in space پیشوندی است که به کشاورزی یا کشت و کار در زمین‌ها مربوط می‌شود.
Agri – (agro) شغل کشاورزی و ساختن فراورده‌ها و ابزار مورد نیاز کشاورز
Agribusiness اکولوژی کشاورزی
Agricultural ecology اکوسیستم کشاورزی
Agricultural ecosystem مواد زاید کشاورزی
Agricultural waste کشاورزی
Agriculture آفت کش‌ها و کودهای مصنوعی مورد استفاده در کشاورزی
Agrochemicals اقلیم‌شناسی کشاورزی، مطالعه اقلیم و اثرات آن روی کشاورزی
Agroclimatology اکوسیستم کشاورزی، اکوسیستم زراعی
Agroecosystem کشت محصولات زراعی و درختان با هم در یک واحد کشاورزی
Agroforestry هواشناسی کشاورزی
Agrometeorology متخصص زراعت
Agronomist زراعت
Agronomy افق A، لایه بالای خاک سطح‌الارض که حاوی هوموس و ریشه گیاهان است. مقادیر زیادی از املاح این لایه توسط آبشویی شسته می‌شوند.
Aid agency سازمانی (مانند oxfam، کمک به بچه‌های بی سرپرست) که به افراد یا کشورهایی که نیاز دارند کمک می‌کند.
Air هوا، مخلوطی از گازها (عمدتاً اکسیژن و نیتروژن) که دیده نمی‌شوند اما در اطراف ما وجود دارند.
Air frost شرایطی که درجه حرارت بالای سطح زمین پایین تر از نقطه انجماد باشد.

Amensalism

آمنسالیسم، مهارکنندگی، نوعی زندگی همزیستی است که در آن یک گونه موجود زنده خسارت می‌بیند و به گونه دیگر نه سود و نه زیان می‌رسد.

Amoeba

آمیب، موجود زنده تک‌سلولی

Amoebiasis

آلودگی ایجادشده به‌وسیله آمیب

Amoebicide

مواد کشنده آمیب

Amorphous

شکل نامنظم، مواد معدنی که کریستال تشکیل نمی‌دهند.

Amphibian

دوزیستان، اصطلاح علمی برای رده‌ای از حیوانات که تخمگذار بوده و قسمتی از زندگی را در آب و بخشی را در خشکی به‌سر می‌برند (مانند قورباغه). آنها در بچگی در آب و در بلوغ هم در آب و هم در خشکی زندگی می‌کنند.

Anabatic wind

بادهایی که در دامنه‌های کوه‌ها جریان داشته و سطح زمین آن‌ها را گرم کرده است.

Anabolism

ترکیب مواد ساده شیمیایی و تشکیل مواد شیمیایی پیچیده در موجودات زنده

Anaerobe

بی‌هوازی، موجوداتی که بدون وجود اکسیژن قادر به ادامه حیات هستند.

Anaerobic decomposers

تجزیه‌کنندگان بی‌هوازی، میکروارگانیسم‌هایی که بدون وجود اکسیژن قادرند مواد آلی را به دی‌اکسید کربن و آب تجزیه کنند.

Anaerobic respiration

تنفس بی‌هوازی، تنفس غیرهوازی

Analyse

۱. آزمایش کردن چیزی به‌طور دقیق
۲. تجزیه یک ماده به اجزای تشکیل‌دهنده آن

Analysis

آزمایش یک ماده برای یافتن اجزای تشکیل‌دهنده آن

Analyst

تجزیه‌کننده، شخصی که مواد یا بافت‌ها را برای یافتن اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها آزمایش می‌کند.

Anemometer

آنومتر، بادنما، دستگاه اندازه‌گیری سرعت باد

Anion

آنیون، یون دارای بار الکتریکی منفی

Annual

یک‌ساله، گیاه یا حیوانی که چرخه زندگی‌اش در یک‌سال تکمیل می‌شود.

Annual growth rate

میزان رشد سالانه، میزان زاد و ولد خام منهای میزان مرگ‌ومیر خام

Annual net production

تولید خالص سالانه

Annual rings

حلقه‌های رشد سالانه، حلقه‌هایی که در اثر تشکیل چوب جدید هر ساله در تنه درختان تشکیل شده و در مقطع عرضی به‌صورت دوایری دیده می‌شوند که از روی آن‌ها عمر درختان را تخمین می‌زنند.

Anopheles

آنوفل، پشه ناقل بیماری مالاریا

Allograft (homograft)

پیوند بافت یک فرد با افراد دیگر متعلق به‌همان گونه

Allometric

آلومتریک، رشدی که در آن سرعت رشد یک قسمت از بدن با سرعت رشد قسمت‌های دیگر بدن متفاوت باشد.

Allopatric

آلوپاتریک، ساکن مناطق جغرافیایی مجزا، گیاهان متعلق به یک گونه که در مناطق مختلفی از جهان رشد کرده و بنابراین با هم تلاقی نداشته‌اند.

Alluvium

رسوب، ته‌نشست، آبرفت

Alpha

آلفا، اولین حرف از الفبای یونانی

Alpha particle

ذرات آلفا، هسته یک ترکیب همانند یک اتم هلیوم که به‌وسیله هسته بعضی از عناصر رادیواکتیو (مثل رادون) خارج می‌شود و دارای قدرت نفوذ ضعیف‌تری هستند به‌طوری‌که از گازها عبور می‌کنند اما از مواد جامد نمی‌توانند عبور نمایند.

Alpha radiation

تشعشعات ذرات آلفا از عناصر رادیواکتیو

Alpine

آلپی، مربوط به آلپ یا دیگر کوه‌های مرتفع

Alpine plant

گیاهان آلپی، گیاهانی که در کوه‌های مرتفع رشد می‌کنند.

Alternative

متفاوت، جایگزین

Alternative energy

انرژی جایگزینی، انرژی غیر از انرژی سوخت‌های فسیلی که به‌وسیله تکنولوژی جایگزینی تولید می‌شوند مانند انرژی باد، جزرومد و غیره.

Alternative medicine

داروی جایگزینی، رفتار افراد بیمار با روش‌های غیرمعمول مانند داروهای سنتی یا گیاهی و طبای محلی.

Alternative technology

تکنولوژی جایگزینی، به‌کار بردن روش‌های تولید انرژی که متفاوت از روش معمول بوده و آلودگی کمتری به‌همراه دارند (مانند انرژی باد، انرژی خورشید، انرژی جزرومد).

Alti-

پیشوندی است به‌معنی ارتفاع

Altimeter

ارتفاع‌سنج، دستگاهی که ارتفاع را ثبت می‌کند.

Altitude

ارتفاع یک محل از سطح دریا

Altitude sickness

شرایطی که یک شخص از کمبود اکسیژن ناشی از ارتفاع زیاد رنج می‌برد.

Altocumulus

ابرهای کومولوس سفید کوچک که در ارتفاعات بالا (حدود ۳۰۰۰ متری) تشکیل می‌شوند.

Altruism

خودنگهداری، همگونه‌گرایی

Am

علامت شیمیایی عنصر آمرسیوم

Ambient

محدود، محاصر شده، محاصره یک موجود زنده یا یک محل

Ambient temperature

درجه‌حرارتی که یک موجود زنده در آن زندگی می‌کند.

Amelioration

بهبود دادن یا بهتر کردن

Americium

عنصر رادیواکتیو مصنوعی

Aphotic zone

عمقی از آب دریا یا دریاچه که پایین‌تر از ۱۵۰۰ متری بوده و بنابراین نور خورشید نمی‌تواند به آنجا برسد.

API (American Petroleum Institute)

شرکت نفت آمریکا

API Scale

مقیاس جاذبه نفت خام (سنگین‌ترین نفت‌ها پایین‌ترین عدد را در این مقیاس دارند).

Aposematic

علامت مشخص مانند رنگ یا رفتارهای سمی یا خطرناک در یک حیوان که موجب راندن دشمنان او می‌گردد.

Apparatus

ابزاری که در آزمایشات علمی یا در آزمایشگاه به کار می‌رود.

Apparent photosynthesis

فوتوسنتز ظاهری، مقدار انرژی که مازاد بر تنفس تولیدکنندگان در طی یک دوره اندازه‌گیری معینی باقی می‌ماند.

Applied ecology

اکولوژی کاربردی، بوم‌شناسی کاربردی

Aqu-

پیشوندی به معنی آب

Aquaculture

پرورش جانوران دریایی مانند ماهی برای تأمین غذا

Aquatic ecology

اکولوژی آب‌ها

Aqueous element

عنصر آبی

Aquiclude

آب‌بند، سنگ یا خاکی که آب خیلی به کندی از آن عبور می‌کند.

Aquifuge

آبگریز

Ar

علامت شیمیایی عنصر آرگون

Arable

قابل کشت

Arable land

اراضی قابل کشت

Arachnida

رده‌ای از حیوانات که دارای هشت پا هستند.

Arbor-

پیشوندی به معنی درختان

Arboreal

وابسته به درخت

Arboreal animals

حیواناتی که در درختان زندگی می‌کنند.

Arboretum

مجموعه‌ای از درختان قسمت‌های مختلف جهان که برای مطالعه علمی پرورش داده می‌شوند.

Arboriculture

مطالعه کشت درختان

Arborist

شخصی که کشت و کار درختان را مطالعه می‌کند.

Arbovirus

ویروسی که به وسیله حشرات مکنده خون منتقل شده است.

Archi – Benthic zone

منطقه‌ای از دریا که بین اعماق ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر قرار دارد.

Arctic

ناحیه یخ و برف اطراف قطب شمال

Arctic air

توده هوای سردی که در ناحیه آرکتیک تشکیل و به طرف جنوب حرکت می‌کند.

Area landfill

فرورفتگی دارای پستی و بلندی‌های طبیعی، مانند یک دره

Arid

خشک، خاکی که بسیار خشک بوده و یا نواحی که بارندگی ناچیزی داشته باشند.

Anoxia

فقدان اکسیژن (در بافت‌ها یا آب)

Anoxic

آبی که فاقد اکسیژن باشد.

Antagonism

ناسازگاری، تعارض، مقابله در اعمال فیزیولوژی، کنش متقابل دو یا چند ماده

Antarctic

ناحیه‌ای در قطب جنوب که عمدتاً از برف و یخ پوشیده شده است.

Antarctic air

توده هوای سردی که غالباً از ناحیه آنتارکتیک می‌آید.

Antarctica

ناحیه‌ای از اراضی اطراف قطب جنوب

Anther

بساطک پرچم

Anti-

پیشوندی است به معنی درمقابل، برخلاف

Antibacterial

ضدباکتری

Antibiosis

تأثیر نامساعد یک وارته گیاه مقاوم روی فیزیولوژی حشره

Antibiotic

آنتی‌بیوتیک، پادزی، موادی که از قارچ‌ها و باکتری‌ها به دست می‌آیند و باعث نابودی میکروارگانیسم‌ها می‌شوند.

Antibody

پادتن، موادی هستند که به‌طور طبیعی در بدن وجود داشته و توسط گلبول‌های سفید برای خنثی کردن اثر سم میکروب‌ها و اجسام خارجی که وارد بدن شده‌اند ترشح می‌شوند.

Anticaking additive

مواد الحاقی اضافه‌شده به غذا برای جلوگیری از جامدشدن آنها

Anticline

چین (در تشکیل سنگ‌ها) که جدیدترین لایه‌های سنگ در روی سطح واقع می‌شوند.

Anticyclone

ناحیه دارای فشار اتمسفری بالا که معمولاً در تابستان آب‌وهوای کمی خشک و در زمستان دارای مه است.

Anticyclonically

در خلاف جهت حرکت زمین

Antidote

پادزهر، موادی که اثر سم را خنثی می‌کنند.

Antifungal

مواد کشنده یا کنترل‌کننده قارچ‌ها

Antigen

پادتن، آنتی‌ژن، موادی که ورود آن به گردش خون یک موجود زنده سبب ایجاد پادتن یا ایمنی و پایداری درمقابل آن سم یا میکروب می‌گردد.

Antihistamine

دارویی که برای کنترل اثر حساسیت به هیستامین به کار می‌رود.

Antioxidant

آنتی‌اکسیدان، موادی که از اکسیداسیون جلوگیری می‌کنند.

Antipodes

دو نقطه در دو سمت مخالف زمین

Antiserum

سرم گرفته‌شده از یک حیوان که دارای آنتی‌بادی‌هایی علیه باکتری‌ها بوده و ایمنی موقتی را برای یک بیمار به همراه دارد.

Antivenene (antivenom)

سرمی که برای بی‌اثر کردن تأثیر یک سم ناشی از نیش مار یا حشره به کار می‌رود.

Aphid

شته

Aphotic

غیرنورانی، تاریک

Atmospheric pressure zones

نوارهایی دارای فشار بالا و پایین که در اطراف کره زمین وجود دارند (فشار بالا نزدیک قطب‌ها و فشار پایین بین ۴۰ و ۷۰ درجه عرض شمالی و جنوبی، فشار بالا نیز در ۳۰ درجه عرض جغرافیایی در ناحیه نیمه‌حاره وجود دارد).

Atom

اتم، واحد بنیادی هر عنصر شیمیایی

Atomic energy

انرژی اتمی، انرژی که در اثر شکستن اتم‌ها یا ترکیب اتم‌ها تولید می‌شود. در راکتورهای اتمی با تولید گرما آب به فرم بخار درآمده و توربین‌ها را به حرکت درمی‌آورد.

Atomic fission

فیوژن اتمی، نوعی انرژی اتمی که در اثر شکستن اتم‌های سنگین مانند اورانیوم به‌وجود می‌آید.

Atomic fusion

فیوژن اتمی، نوعی انرژی اتمی که در اثر ترکیب اتم‌های سبک مثل دوتریوم حاصل می‌شود.

Atomic waste

زباله‌های اتمی، مواد زائد رادیواکتیو حاصل از راکتورهای اتمی

Atomic energy authority (UKAEA)

نماینده‌گی دولتی مسئول انرژی اتمی در انگلستان

Atomic energy commission

نماینده‌گی انرژی اتمی در ایالات متحده

Atomize

تبدیل یک مایع به ذرات بسیار ریز

Atomizer

دستگاهی که مایع را تبدیل به قطرات بسیار ریزی مانند مه می‌کند.

Atrogenic factors

عوامل اتوجنیک، عواملی هستند که از داخل جامعه بروز و سبب پیش‌در جریان توالی می‌شوند.

Attractant

مواد شیمیایی که موجودات زنده را جذب می‌کنند.

Au

علامت شیمیایی طلا

Audubon society

جامعه‌ای در ایالات متحده که هدفشان حفاظت از حیات وحش مخصوصاً پرندگان می‌باشد.

Aurora australis (Aurora Borealis)

منورشدن آسمان، که گاهی تماشایی بوده و به‌وسیله تخریب اتمسفر ضمن فعالیت خورشید ایجاد می‌شود.

Autecology

اتوکولوژی، بوم‌شناسی فردی، شاخه‌ای از علم اکولوژی است که ارتباط یک گونه و یا یک فرد از یک گونه را با محیط زیست بررسی می‌کند.

Auto-

پیشوندی به معنی خود

Autochthonous

بومی

Autogamy

خودگشتی، گرده‌افشانی یک گل به‌وسیله دانه گرد همان گل

Autolysis

عمل تخریب سلول‌ها به‌وسیله آنزیم‌های خود سلول‌ها

Autotroph (autotrophic organism)

اتوتروف، موجودات زنده‌ای (مانند گیاهان سبز) که قادرند به‌کمک انرژی خورشید مواد آلی موردنیازشان را از مواد معدنی تولید نمایند.

Arid zone

ناحیه خشک، مانند ناحیه‌ای در منطقه حاره بین حدود ۱۵ و ۳۰ شمالی و جنوبی که بسیار خشک بوده و بیابانی است.

Aridity

حالت بی‌نهایت خشک

Aromatic

معطر

Aromatic compounds

ترکیبات معطر، ترکیباتی مثل بنزن با حلقه‌ای از اتم‌های کربن که دارای پیوندهای ساده و دوگانه می‌باشند.

Artificial

مصنوعی، آنچه که به‌وسیله انسان ساخته شده و به‌طور طبیعی وجود ندارد.

Artificial community

جامعه‌ای که به‌وسیله انسان نگهداری می‌شود (مانند یک باغ)

Artificial rain

بارانی که با پخش کریستال‌های نمک و سایر مواد در ابر ایجاد می‌شود.

As

علامت شیمیایی عنصر آرسنیک

Asbestosis

ماده معدنی فیبری که به‌عنوان پوشش دربرابر آتش و نیز ماده عایق در بسیاری از فرایندهای صنعتی به‌کار می‌رود.

Ascorbic acid

اسیداسکوربیک، ویتامین C

Asexual

غیرجنسی

Aspection

تغییر فصلی

Assimilate

جذب‌کردن، گرفتن مواد غذایی طوری که جذب خون شده و یا وارد بافت‌های بدن یک موجود زنده گردد.

Assimilation

عمل جذب مواد غذایی

Assimilation efficiency

راندمان جذب

Associate

همراه‌بودن، مرتبط‌بودن

Association

۱. گروهی از گیاهان که در سطح بزرگی با هم زندگی کرده و تشکیل یک جامعه را می‌دهند، جامعه‌ای که گونه‌های آن ویژگی مشترکی دارند.

۲. گروهی از مردم با انتظارات مشابه

Astatine

استاتین، عنصر رادیواکتیو طبیعی با علامت شیمیایی At و عدد اتمی ۸۵

Aster

ساختمان‌های ستاره‌مانند

Asthenosphere

استنوسفر، قسمتی از داخل زمین که از مواد مذاب تشکیل شده و در زیر لیتوسفر قرار گرفته است.

Asulam

علف‌کش قوی آسولام

At

علامت شیمیایی عنصر استاتین

Atmosphere

اتمسفر، جو، هواشهر، ناحیه گازی اطراف زمین، واحد اندازه‌گیری فشار

Atmospheric nitrogen fixation

ثبیت نیتروژن اتمسفر، فرایندی که در آن گاز نیتروژن به‌صورت نیترات تبدیل می‌شود.

Atmospheric pressure

فشار معمولی هوا در سطح زمین

Barrel

مخازن گرد بزرگی برای مایعات (مانند روغن و آبجو و غیره)، مقدار مایع جا گرفته در یک بارل (۴۲ گالن آمریکایی) که برای اندازه گیری مقدار نفت خام تولیدی به کار می‌رود.

Barren

لم یزرع، عقیم

Barrier

مرز، دیواره، مانع

Basal

اساسی، بسیار مهم

Basal metabolism [basal metabolic rate (BMR)] energy

مقدار انرژی که شخص در تبادل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در حالت استراحت مصرف می‌کند.

Basalt

سنگ‌های آتشفشانی کمی تیره

Basin

ناحیه بزرگی از زمین که به وسیله یک سیستم رودخانه‌ای زهکشی شده است، ناحیه بزرگی که یک اقیانوس را احاطه کرده است.

Bath -

پیشنودی که به قسمتی از دریا رجوع می‌کند که بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ عمق دارد.

Bathyal

مربوط به قسمت عمیق دریا

Bathylimnetic

مربوط به عمیق‌ترین قسمت دریاچه

Bathypelagic

اشکوب زیرین دریا

Bauxite

ماده معدنی که دارای آلومینیوم است.

Bay

خلیج

Be

علامت شیمیایی عنصر برلیوم

Beach

ساحل شنی

Bearing capacity

ظرفیت تحمل، گنجایش تحمل

Beaufort scale

مقیاسی (از ۰ تا ۱۲) که برای بیان سرعت باد به کار می‌رود.

Becquerel

واحد اندازه‌گیری تشعشع، مقدار رادیواکتیویته‌ای که در اثر تجزیه یک هسته در ثانیه وجود دارد.

Bedding

لایه‌های متفاوت رسوب شده

Beech

درخت سخت چوب مناطق معتدل

Behaviour

رفتار، چگونگی عکس‌العمل یک موجود زنده به محرک‌ها

Belt of soil moisture

لایه بالایی خاک که ریشه گیاهان از آن جذب آب می‌کنند.

Benthon or benthic organism

موجودات زنده‌ای که در کف دریا یا دریاچه زندگی می‌کنند، کف‌زی

Benthos

کف دریا یا دریاچه

Beriberi

بیماری بری‌بری، بیماری سیستم عصبی که در اثر کمبود ویتامین B₁ ایجاد می‌شود.

Berylliosis

مسمومیت ناشی از تنفس ذرات اکسید برلیوم

Bessemer process

روش ساختن استیل

Beta

بتا، حرف دوم از الفبای یونانی، β

Beta decay

فرایند تجزیه یک ماده رادیواکتیو در طی خروج الکترون‌ها

Avalanche

توده بزرگی از برف که به صورت مجزا به طرف پایین کوه سقوط می‌کند، توده بزرگی از سنگ و گل که در اثر بارندگی شدید به طرف پایین کوه حرکت می‌کند.

باد خیلی قوی که سبب avalanche می‌شود.

Aves

پرنده‌گان

Avicide

ماده‌ای که پرنده‌گان را می‌کشد.

Azodyes

مواد رنگی مصنوعی که از زغال‌سنگ گرفته شده و برای رنگ کردن غذاها به آنها اضافه می‌کنند.

B**B**

علامت شیمیایی عنصر بر

Ba

علامت شیمیایی عنصر باریم

Background radiation

تشعشعاتی که از منابع طبیعی مانند سنگ‌ها یا زمین یا اتمسفر می‌آیند و نه از منابع ساخته‌شده دست بشر.

Backwater

مانداب

Bacteriophage

باکتری‌فاج، ویروسی که بر باکتری‌ها اثر می‌گذارد.

Badlands

مناطق در شمال و جنوب آمریکا که مستعد برای کشاورزی نیست.

Bag

فیلتر مورد استفاده در لباس یا فیلترهای مصنوعی که برای جلوگیری از تأثیر گازهای ماقبل از فعالیت‌های صنعتی به کار می‌رود.

Balance

بالانس، متعادل

The balance of nature (ecological balance)

حالتی که موجودات زنده مختلف، در یک حالت باثباتی در اکوسیستم زندگی می‌کنند.

Balsa wood

چوب حاره‌ای بسیار سبکی که برای ساختن مدل‌های سبک‌وزن به کار می‌رود.

Band

لایه، دامنه فراوانی بین دو حد

Bar

بار یا واحد اندازه‌گیری فشار اتمسفر که در سطح دریا ۱۰۱۳ میلی‌بار می‌باشد.

Bar -

پیشوندی که به فشار اتمسفر مربوط می‌شود.

Bark

۱. پوست، لایه سخت خارجی درختان که از بافت‌های مرده تشکیل شده است.

۲. صدای یک حیوان از خانواده سگ (مانند گرگ یا روباه و غیره).

دستگاهی که تغییرات فشار اتمسفر را ثبت می‌کند.

فشارسنج، دستگاهی برای اندازه‌گیری فشار هوا

Barometer**Barometric pressure**

فشار اتمسفری که به وسیله فشارسنج نشان داده شود.

Barometrically

اندازه‌گیری‌شده به وسیله فشارسنج

Barrage

ساختمانی برای جلوگیری یا تنظیم جریان جزرومد که هم برای جلوگیری از طغیان آب و هم برای کنترل نیروی جزر به کار می‌رود.

Bio - ecology

اکولوژی زیستی

Bioengineering

کاربرد فرایندهای بیوشیمیایی درمقیاس صنعتی برای تولید دارو، ذخیره غذایی و غیره

Bioerosion

فرسایش زیستی، فرسودگی زیستی

Biofuel

سوخت زیستی، سوخت حاصل از مواد زاید خانگی آلی و دیگر منابعی که قابل استفاده نباشند؛ مواد آلی (گیاهی و حیوانی) قابل برداشت و تجدید که برای تولید گرما می توانند استفاده شوند.

Biogas

بیوگاز، گازی (عمدتاً متان و دی اکسید کربن) که از تخمیر مواد زاید مانند مدفوع حیوانات تولید می شود، گازی که به وسیله هضم غیرهوازی مواد آلی به دست می آید و حاوی ۵۰-۶۰ درصد متان است.

Biogen

زنده‌زا، زیست‌زا

Biogenic

زنده‌زایی

Biogeochemical cycle

چرخه‌های زیست-زمینی-شیمیایی، چرخه‌های بیوشیمیایی، عناصر در طی چرخه هم از زمین و از محیط زیست عبور می کند و به همین دلیل که عناصر به صورت شیمیایی، هم زمین و هم زیست را طی می کنند به چرخه آن‌ها چرخه‌های زیست-زمین-شیمیایی می گویند.

Biogeographer

دانشمندانی که مناطق دارای فون و فلور مشخص را مطالعه می کنند.

Biogeographical region

مناطق بزرگی از زمین با فون و فلور مشخص

Biogeography

جغرافیای زیستی، شاخه‌ای از علم زیست‌شناسی که درباره توزیع جغرافیایی گیاهان و جانوران بحث می کند.

Biogeosphere

بیوسفر، لایه بالایی لیتوسفر یا پوسته زمین که دارای موجودات زنده می باشد.

Bioinsecticide

حشره کش تولیدشده از سموم طبیعی

Biology

بیولوژی، زیست‌شناسی، علم مطالعه موجودات زنده

Biological classification

رده‌بندی زیستی

Biological clock (circadian rhythm)

ساعت بیولوژیکی، برنامه اعمال فیزیولوژیکی (مانند خوردن، خوابیدن و غیره) که هر ۲۴ ساعت تکرار می گردند.

Biological control (biocontrol)

کنترل بیولوژیکی، استفاده از عوامل زنده برای کنترل آفات و امراض و علف‌های هرز

Biological correlation

همبستگی زیستی

Biological detergent

پاک کننده بیولوژیکی، پاک کننده‌ای که با اضافه کردن آنزیم‌ها عمل پاک کردن را بهتر انجام می دهد.

Biological extinction

انقراض زیستی، نابودی زیستی

Biological indicator

شاخص بیولوژیکی، موجودات زنده‌ای که برای نشان دادن تغییرات محیطی به کار می روند.

Biological magnification

بزرگنمایی زیستی، افزایش تجمع یک ماده در موجودات زنده در

Beta particle

الکترون‌های که از مواد رادیواکتیو خاصی خارج شده و دارای قدرت نفوذ متوسطی هستند (از موادی مانند فلزات عبور کرده و به بافت‌های زنده صدمه می زنند).

Beta radiation**Between – trophic – level efficiencies**

راندمان‌های بین سطوح غذایی

Biennial

دوساله، گیاهانی که چرخه زندگی‌شان را در دو سال کامل می کنند.

Binomial classification

نامگذاری دواسمی، روش نامگذاری موجودات زنده که اولین بار به وسیله لینه ابداع شد و برای هر موجود زنده دو نام لاتین را تعیین می کنند.

Bio -

پیشوندی به معنی موجودات زنده

Bioaccumulation (bioconcentration)

بزرگنمایی زیستی، تجمع یک ماده در طول زنجیره غذایی به طوری که از ابتدا به طرف انتهای زنجیره غذایی میزان آن ماده بیشتر تجمع پیدا نماید.

تیمار فاضلاب به وسیله پمپ آب با لجن فعال شده

Bioassay

زیست‌سنجی، تخمین فعالیت و قدرت بیولوژیکی مواد به وسیله آزمایش اثر آن ماده بر موجودات زنده

Biocenose

بیوسنوز، اجتماع، جامعه متشکل از گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری

Biochemical oxygen demand (BOD)

مقدار آلودگی در آب، مقدار اکسیژن مورد نیاز موجودات زنده برای تجزیه مواد آلی زاید در حجم معینی از آب

Biocide

کشنده، مواد شیمیایی که برای موجودات زنده کشنده هستند، حیات کش

Bioclimatology

بیوکلیماتولوژی، زیست اقلیم‌شناسی، مطالعه اثر اقلیم بر موجودات زنده

Biocenose (biocenosis)

زیستگاه نیمه طبیعی، جایی که حیوانات و جانوران با همدیگر در یک زیستگاه تغذیه‌ای خاصی به سر می برند.

Bioconcentration (bioaccumulation)

بزرگنمایی زیستی، تجمع یک ماده در طول زنجیره غذایی به طوری که از ابتدا به طرف انتهای زنجیره غذایی میزان آن ماده بیشتر تجمع پیدا نماید.

Biodegradable

قابل تجزیه بیولوژیکی، موادی که به آسانی توسط موجودات زنده قابل تجزیه هستند.

Biodegradation

تجزیه یک ماده به وسیله عوامل زنده عمدتاً باکتری‌ها

Bioderm

لایه زنده

Biodetergent

پاک کننده بیولوژیکی یا پاک کننده‌ای که به آن آنزیم‌ها اضافه شده که عمل شستشو مؤثرتر انجام می شود.

Biostimulate محرک زیستی
Biosynthesis بیوسنتز، تولید ترکیبات شیمیایی به وسیله موجودات زنده
Biosystem نظام زیستی
biosystematic رده‌بندی جانداران
Biota بیوتا، موجودات زنده یک منطقه، فون و فلوریک منطقه یا ناحیه
Biotechnology بیوتکنولوژی، کاربرد تکنولوژی برای دست کاری و ترکیب مواد ژنتیکی جهت تولید موجودات زنده‌ای با خصوصیات ویژه
Biotic بیوتیک، موجودات زنده، بیوسنوز، اجزای زنده
Biotic barrier مانع زیستی، مانع یا شرایطی که از حرکت افراد یک گونه به مناطق دیگر جلوگیری می‌کند و بنابراین مانع انتشار یک گونه می‌شوند.
Biotic climax قله زیستی، جامعه زیستی پایدار
Biotic community جامعه زیستی، مجموعه موجودات زنده یک منطقه خاص
Biotic elements اجزای زنده، عناصر زیستی، عناصر زنده
Biotic factors عوامل زیستی، عوامل زنده، موجودات زنده مختلف در یک منطقه و راه‌هایی که آنها بر گیاهان منطقه اثر می‌گذارند و همچنین اثرات محیطی که به وسیله گیاه یا حیوان ایجاد می‌شود.
Biotic index شاخص زیست، مقیاسی برای نشان دادن کیفیت یک محیط با تشخیص انواع موجودات زنده موجود در آنها
Biotic potential پتانسیل زیستی، ظرفیت زیستی، ماکزیم رشدی که جمعیت در یک شرایط ایده‌آل به دست می‌آورد و به عبارت دیگر به حد رشد فیزیولوژیکی می‌رسد.
Biotic pyramid هرم اکولوژیکی، هرم یا شکلی است که روابط غذایی بین موجودات زنده سطوح غذایی مختلف را نشان می‌دهد.
Biotic succession توالی زیستی، تغییراتی که در موجودات زنده یک اکوسیستم در اثر تغییر محیط آنها به تدریج اتفاق می‌افتد.
Biotope بیوتوپ، منطقه کوچکی با شرایط اکولوژیکی (آب‌وهوا و موجودات زنده) یکنواخت
Biotron بیوترون، اتاقک یا محفظه‌ای که در آن آب‌وهوا کنترل شده است و برای مطالعه اثر عوامل آب‌وهوایی مورد نظر بر موجودات زنده استفاده می‌شود.
Biotype بیوتیپ، گروهی از افراد یک گونه که از نظر ژنتیکی مشابه هستند.
Birch درخت سخت‌چوب معمولی که در مناطق معتدله شمالی دیده می‌شود.
Bird پرنده، حیوانی که تخمگذار بوده و پر دارد.
Bird of prey پرنده شکارچی، پرنده‌ای که جانوران دیگر را می‌کشد و مصرف می‌کند.

طول زنجیره غذایی که نسبت تجمع آن از محیط بیشتر بوده و هر چه به انتهای زنجیره غذایی می‌رویم نسبت تجمع بیشتر است.
Biological monitoring فرایینی زیستی، بررسی تغییرات اتفاق افتاده در بستر زیست
Biological oxygen demand مقدار آلودگی در آب، که براساس میزان اکسیژن برای اکسیده کردن مواد آلوده کننده نشان داده می‌شود.
Biological nitrogen fixation تثبیت بیولوژیکی نیتروژن هوا، تثبیت گاز نیتروژن توسط موجودات زنده مخصوصاً باکتری‌ها
Biological pollution آلودگی زیستی
Biological potential توان زیستی
Biological shield حفاظت زیستی
Biological system (biosystem) نظام زیستی
Biological treatment تسویه زیستی
Biomass بیوماس؛ کل وزن موجودات زنده یک اکوسیستم؛ کل موجودات زنده در یک منطقه یا در یک سطح غذایی که معمولاً برحسب وزن خشک یا وزن زنده بیان می‌شود؛ مواد آلی که برای تولید انرژی به کار می‌رود.
Biomass pyramid هرم بیوماس، اشکالی هستند که برای نشان دادن ساختمان غذایی اکوسیستم به کار می‌روند و براساس میزان بیوماس موجود در هر سطح غذایی مستطیل‌های هم‌ارتفاعی رسم می‌کنند که طولشان متناسب با میزان بیوماس آن سطح غذایی است و مجموعه این مستطیل‌ها به صورت مثلی دیده خواهد شد که راس مثلث به طرف بالا می‌باشد.
Biome بیوم، مناطق اکولوژیکی وسیعی که دارای خصوصیات روشنی و اقلیمی مشابهی هستند؛ مجموعه اکوسیستم‌های مشابه را بیوم گویند.
Biometeorology هواشناسی زیستی، مطالعه علمی آب‌وهوا و اثرات آن بر موجودات زنده
Biomethanation سیستم تولید بیوگاز برای استفاده به عنوان سوخت یا روشنایی
Bion موجود زنده منفرد در یک اکوسیستم
Biopesticide آفت کشی که از منابع بیولوژیکی ساخته شده است؛ سمومی که به طور طبیعی وجود دارند.
Biophages بیوفاژها یا زنده‌خواران
Biophyte بیوفیت، گیاه حشره‌خوار، گیاهی (مانند دروزرا) مواد غذایی را از تجزیه بدن حشرات مجبوس در خودش به دست می‌آورد.
Biosphere بیوسفر، زیست کره، زیست سپهر، اکوسفر، قسمتی از زمین و اتمسفر که موجودات زنده در آن زندگی می‌کنند (شامل قسمتی از لیتوسفر، هیدروسفر و اتمسفر که موجودات زنده در آن هستند)، بزرگترین جامعه زیستی را گویند که شامل تمام جوامع زنده کره زمین به علاوه محیط غیرزنده‌شان می‌باشد.

Blubber

لایه ضخیم چربی در زیر پوست جانوران آبی (مانند بالن) که از اتلاف حرارت جلوگیری می‌کند.

BMR (Basal Metabolic Rate)**BNFL (British Nuclear Fuels LTD)**

کمپانی سوخت‌های اتمی بریتانیا

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

نیاز اکسیژن بیوشیمیایی

Bog

اراضی مرطوب نرم

Boil

جوشیدن، به‌جوش آمدن

Boiling point

نقطه جوش، درجه‌حرارتی که یک مایع به گاز تغییرشکل پیدا می‌کند.

Boiling water reator (BWR)

راکتور اتمی که سوخت آن اورانیوم بوده و آب را گرم و تبدیل به بخار می‌نماید تا توربین‌ها را به حرکت در بیاورد.

Boiler

مخزنی که در آن آب را برای تشکیل بخار به جوش می‌آورند.

Bole

قاعدهٔ تنه درخت

Bomb

قطعات بزرگ مواد مذاب خارج شده از یک آتشفشان فعال

Bond

پیوند بین دو ماده یا دو اتم

Bonemeal

کود ساخته‌شده از استخوان و شاخ جانوران

Boom

صدای بلند

Bordeaux mixture

مخلوطی از سولفات مس، آهک و آب که برای جلوگیری از حمله زنگ روی گیاهان پاشیده می‌شود.

Bore

امواج جزری که به مدخل رودخانه در جزر بالا برخورد می‌کند؛ اندازه داخل لوله یا سوراخ؛ ساختن یک سوراخ گرد

Boreal

شمالی، مربوط به قطب شمالی؛ اقلیم‌های بین ۴۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی که دارای تابستان‌های گرم کوتاه و زمستان‌های سرد طولانی می‌باشند.

Boreal forest

جنگل سوزنی‌برگ شمالی، تایگا

-borne

پسوندی به معنی "حمل‌شده"

Botanical insecticide

حشره کش گیاهی، حشره کشی که از مواد استخراج شده از گیاهان ساخته می‌شود مانند پیرتروئین حاصل از گل داوودی و نیکوتین حاصل از گیاه تنباکو

Botanical specimens

نمونه‌های گیاهی، نمونه‌های گیاهان جمع‌آوری‌شده برای مطالعه

Botanist

گیاه‌شناس، متخصص گیاه‌شناسی

Botany

گیاه‌شناسی، علم مطالعه گیاهان

Bottled gas

گاز حاصل از تصفیهٔ نفت خام

Botulism

بوتولیسم، نوعی مسمومیت غذایی که به‌وسیله سم کلستریدیم بوتولینوم ایجاد می‌شود.

Boulder

تکه‌های گرد و بزرگی از سنگ‌ها

Bird song

آواز پرند

Birdwatcher

کسی که پرندگان را مطالعه کرده و رفتار آنها را مورد مشاهده و بررسی قرار می‌دهد.

Birth

تولد

Birth rate

نرخ زاد و ولد، میزان زاد و ولد، تعداد افراد متولدشده در واحد زمان

Bitumen

هیدروکربن جامد دارای زغال‌سنگ

Bituminous coal

زغال‌سنگی که دارای درصد بالایی از خاکستر بوده و دارای دود می‌باشد؛ زغال نرمی با ارزش حرارتی متوسط

Black

تیره، سیاه، بسیار تیره‌رنگ

Black bean

نوعی چوب حاره‌ای خیلی سخت و مقاوم به موربانه‌ها

Black box

جعبه سیاه، مطالعهٔ یک سیستم در تمامیت آن بدون توجه به اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن

Black earth

خاک تیره حاصلخیز و غنی از مواد آلی که در دشت‌های اولیه و امریکای شمالی و جنوبی یافت می‌شود.

Black frost

شرایطی که هوا خشک بوده و درجه‌حرارت سطح زمین کمتر از درجه‌حرارت هوا بوده اما بلورهای یخ سفید تشکیل نشده است.

Black ice

یخی که روشن و مات بوده اما سفید نیست و در شب در سطح جاده‌ها تشکیل می‌شود.

Blackwood

درخت سخت چوب استرالیایی

Blade

پهنک برگ (مانند برگ علف‌های چمنی)

Blast furnace

وسیله گرم کردن، برای تولید آهن و مس از سنگ معدن

Blaze

علامت‌گذاری یک درخت برای نشان‌دادن اینکه باید قطع شود یا برای نشان‌دادن مسیر حرکت

Blizzard

کولاک

Blood bank

بانک خون

Blood cell (blood corpuscle)

سلول خونی، سلول‌های تشکیل دهندهٔ خون مانند گلبول‌های قرمز و گلبول‌های سفید

Blood chemistry

شیمی خون، موادی که خون را می‌سازند و می‌توان با آزمایش آنها را مورد بررسی قرار داده و در تشخیص بیماری‌های خونی به کار برد.

Blood count

آزمایش شمارش تعداد سلول‌های خونی متفاوت در حجم معینی از خون

Blood plasma

پلاسمای خون، مایع آبکی که بزرگ‌ترین قسمت خون را تشکیل می‌دهد.

Blood stream

جریان خون

Bloom

شکوفه، گل دادن، بلوغ

Blow

حرکت ناگهانی هوا یا گاز (وزیدن)

Bug

هر حشره کوچک، حشرات بالدار خاصی که متعلق به رده همیپترا هستند.

Build up

تشکیل به وسیله تجمع یافتن

Build – up

تجمع تدریجی

Built – up area

منطقه‌ای که دارای منازل، مغازه‌ها و سایر ساختمان‌ها بوده و فضای آزاد بسیار کمی در آن دیده می‌شود.

Bulb

پیاز، ساقه تغییر شکل یافته گوشتی مانند یک پیاز

Bund

دیواره خاکی که در برابر یک شیب برای حفظ آب و یا برای حفظ مواد زاید در محل‌های شیب‌دار مناسب احداث می‌شود.

Burial

Burial site

عمل سوختن یک چیز در زمین

محلی که زباله‌ها و مخصوصاً زباله‌های هسته‌ای سوزانده می‌شوند.

Burn

۱. نهر کوچک، ۲. صدمه پوست و بافت‌ها در اثر نور، گرما، تشعشع، الکتریسته و یا مواد شیمیایی، ۳. تخریب توسط آتش

Burner reactor

نوع معمول راکتور اتمی که در آن سوخت‌هایی مانند اورانیوم ۲۳۹ برای تولید گرما به کار می‌رود.

Burn – up

مقدار سوخت مصرف‌شده در یک راکتور اتمی

Bush

درختچه‌های کوتاه یا درختان کوچک (بوته)

Butylated Hydroxyl Toluene (BHT)

افزودنی آنتی‌اکسیدانت معمولی (4321) که برای فرایندسازی غذاهای دارای چربی به کار می‌رود.

Buys Bollot's law

قاعده شناسایی مناطق با فشار پایین

BWR (Boiling Water Reactor)

راکتور اتمی که سوخت آن اورانیوم بوده و آب را گرم و تبدیل به بخار می‌نماید تا توربین‌ها را به حرکت درآورد.

By – product

محصول فرعی، مواد فرعی که در طی یک فرایند تولید می‌شوند.

C

C

۱. مخفف سیلیسیوس یا سانتی گراد، ۲. علامت شیمیایی عنصر کربن

Ca

علامت شیمیایی عنصر کلسیم

Cactus

کاکتوس، گیاهان گوشتی با ساقه‌های آبدار که در بیابان‌های آمریکای شمالی و مرکزی دیده می‌شوند. جمع آن cacti یا cactuses است.

Cadmium

عنصر فلزی که به‌طور طبیعی در خاک‌ها و سنگ‌ها به‌همراه روی وجود دارد. علامت شیمیایی آن Cd و عدد اتمی آن ۴۸ است. این عنصر در راکتورهای اتمی کاربرد دارد و در دودتوتون نیز وجود دارد.

Caesium

عنصر قلیایی فلزی است که یکی از آلوده‌کننده‌های اصلی دارای خاصیت رادیواکتیو می‌باشد و به‌وسیله ماهی‌ها جذب می‌شود.

علامت شیمیایی آن CS بوده و عدد اتمی آن ۵۵ می‌باشد.

Caffeine

کافئین، آلکالوئیدی است که در قهوه، کاکائو و چای وجود دارد و تحریک‌کننده می‌باشد.

Boulder clay

خاک رس مخلوط با سنگ‌های در اندازه‌های مختلف

Boundary effect

اثر مرزی

Br

علامت شیمیایی عنصر برومین

Bracken

سرخس‌ها که به‌طور وسیعی در خاک‌های اسیدی رشد می‌کنند.

Brackish

آبی که حاوی نمک بوده و برای آشامیدن خوب نیست.

Bract

براکته، برگ‌های سبز کوچکی در قاعده گل‌ها

Bradytelic evolution

تکامل تدریجی

Breakthrough

وضعیتی که فاضلاب و سایر آلوده‌کننده‌ها وارد منابع اصلی آب‌های شهری می‌شوند.

موج‌شکن، دیوار قوی یا مانعی که در ساحل دریا ساخته می‌شود تا نیروی امواج کنترل شده و بنابراین ساحل حفظ گردد.

Breakwater

Breeder

کسی که در گیاهان و حیوانات اصلاح ژنتیکی انجام می‌دهد.

Breeze

۱. باد آرام، نسیم، ۲. مواد زاید حاصل از کوره

British thermal unit (BTU)

بی‌تی‌یو، واحد اندازه‌گیری گرما، مقدار گرمای موردنیاز برای افزایش درجه‌حرارت‌های یک پوند آب به اندازه‌ی یک درجه فارنهایت

Broad

وسیع

Broad spectrum antibiotics

آنتی‌بیوتیک‌های وسیع‌الطیف، آنتی‌بیوتیک‌هایی که برای کنترل انواع زیادی از باکتری‌ها به کار می‌روند.

Broad leaf or broad – leaved trees

درختان پهن‌برگ، درختانی هستند که پهنک برگشان پهن بوده و معمولاً خزان‌پذیرند.

Broad leaved evergreens

درختان همیشه‌سبز برگ پهن

Broad

گروه فرزندان هم‌زاد، مخصوصاً گروهی از جوجه پرندگانی که هم‌زاد هستند.

Brook

نهر کوچک

Brown earth (brown forest soil)

خاک حاصلخیز خوبی که کمی اسیدی و دارای هوموس باشد.

Brown fat

چربی حیوانی که می‌تواند به‌سادگی به انرژی تبدیل شود.

Brown podzolic soil

خاک قهوه‌ای که هوموس آن توسط باران آشفوبی شده است.

Brucella

نوعی باکتری میله‌اشکل

Btu or BTU = British Thermal Unit

بی‌تی‌یو، واحد اندازه‌گیری گرما

Bud

جوانه (در گیاه)

Budding

جوانه‌زنی، راهی برای تکثیر گیاهان که یک جوانه از یک گیاه به گیاهان دیگر پیوند می‌خورد.

Budget

بودجه

Buffer

بافر یا تامپون، موادی که تعادل بین اسید و قلیا را ثابت نگه می‌دارند، موادی هستند که در مقابل تغییرات pH مقاومت می‌کنند.

Capillary

منافذ یا لوله‌های بسیار باریک و ریز که مایعات را منتقل می‌کنند؛ به آب موجود در منافذ میکروخاک، آب کاپیلاری گفته می‌شود و آبی است که می‌تواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد.

Capillary flow

حرکت مایع به‌طرف خارج در لوله‌های باریک و یا به‌طرف سطح زمین در خاک

حشرات ریزی که شیره گیاهان را می‌مکند.

Capid bug

Capture – recapture method
روش علامت‌گذاری و بازیگری مجدد؛ روشی برای تعیین تراکم جمعیت است که در آن نمونه‌ای از جمعیت را گرفته، علامت‌گذاری و رها می‌کند. سپس نسبت افراد علامت‌گذاری شده قبلی را در نمونه مجدد به‌دست آورده و ملاک تعیین جمعیت قرار می‌دهند.

کاربامات؛ نوعی آفت کش یا حشره کش

Carbamate

Carbohydrates
کربوهیدرات‌ها، ترکیبات آلی که دارای عناصر کربن، اکسیژن و هیدروژن هستند و در گیاهان ساخته می‌شوند و به صورت‌های مختلفی مثل قند، نشاسته و غیره دیده می‌شوند.

Carbon dating (carbon 14 dating)

فرایند تجزیه مواد آلی زائد و کهنه و تولید دی‌اکسید کربن از آنها

Carbon sink

قسمتی از بیوسفر (مانند یک جنگل حاره‌ای) که دی‌اکسید کربن را جذب می‌کند؛ برخلاف جانوران که کربن را به‌صورت دی‌اکسید کربن به محیط می‌دهند.

Carbonaceous

(سنگ‌هایی مانند زغال‌سنگ که غنی از هیدرات کربن هستند.)

Carbonate ترکیبی که از اسید کربنیک ساخته شده است.

Carbonization فرایند تبدیل گیاهان فسیلی به کربن

Carbon dioxide (CO₂)

دی‌اکسید کربن، گازی بی‌رنگ که از سوختن کربن با اکسیژن حاصل می‌شود.

Carbon monoxide (CO)

منواکسید کربن، گاز سمی که در اثر کار نامناسب در موتور ماشین‌ها تولید می‌شود.

Carbon monoxide poisoning

سمیت حاصل از تنفس گاز منواکسید کربن

Carboxy haemoglobin

ترکیب منواکسید کربن با هموگلوبین خون که زمانی که انسان از منواکسید کربن حاصل از احتراق موتور ماشین‌ها یا دود سیگارها تنفس کند ایجاد می‌شود.

Carcas (carcass)

پیشوندی در ارتباط با بیماری شاکر در گیاهان

Carcin- موادی که ایجاد شاکر می‌کنند.

Carcinogen چهار جهت جغرافیایی (شمال، جنوب، مغرب و مشرق)

Cardinal temperature درجه حرارت کاردنال، درجه حرارت‌های حداکثر، حداقل و اپتیمم

Carnivora گوشتخواران

Carnivore (carnivorous animal) گوشتخوار

Cal**Calcareous**

(خاک) دارای کلسیم یا گچ؛ (سنگ‌هایی مانند گچ و آهک) دارای کلسیم؛ آهکی؛ منطقه آهکی

Calicole (calciphile or calcicolous) plant

گیاهی که در خاک‌های گچی یا قلیایی به خوبی رشد می‌کند، آهک‌دوست

Calcification سخت شدن به وسیله تشکیل نمک‌های کلسیم

Calicified

سخت شدن

Calicifuge (calcifugous or calciphobe)

آهک‌گریز، گیاهی که در خاک‌های اسیدی بهتر رشد می‌کند و نمی‌تواند در خاک‌های قلیایی یا گچی رشد کند.

Calciphile

آهک‌دوست، گیاهی که در خاک‌های گچی یا قلیایی بهتر رشد می‌کند.

Calcium

کلسیم، عنصر شیمیایی فلزی که به‌طور طبیعی در سنگ‌های آهکی و گچی وجود دارد و برای زندگی موجودات زنده وجودش اساسی است. علامت شیمیایی آن Ca و دارای عدد اتمی ۲۰ می‌باشد.

Calm

دوره‌ای که هیچ بادی وجود ندارد

Calomel کلرید مرکوری، برای کشتن موش به کار می‌رود.

Calor**Caloric requirement**

مقدار انرژی (برحسب کالری بیان می‌شود) که یک جانور (مانند انسان) در هر روز نیاز دارد.

Calorie (gram calorie)

کالری یا گرم کالری، واحد اندازه‌گیری گرما یا انرژی، مقدار گرمای لازم برای افزایش درجه حرارت یک گرم آب از ۱۵ به ۱۶ درجه سانتیگراد

Calorie (larg calorie یا kilocalorie)

کیلوکالری یا هزار کالری

Calorific value

مقدار گرمای یک ماده یا تعداد کالری‌هایی که در مقدار مشخصی از یک ماده وجود دارد.

Calyx

کاسه گل، مجموع کاسبرگ‌های یک گل؛ (جمع آن calyces می‌باشد)

Camouflage

پنهان شدن شکل یک حیوان با تغییر رنگ یا الگوی پوست بدن

Can bank

مخزن قوطی‌های خالی نوشابه‌ها، مخزنی که مردم قوطی‌های خالی نوشابه‌ها را در آنها ریخته تا بعداً بازیابی شوند.

Candela

کاندل، واحدی در سیستم SI برای اندازه‌گیری شدت نور

Canker

بیماری شاکر در گیاهان

Canopy کانوپی، تاج پوشش گیاهی، کل شاخ و برگ گیاه

Canopy cover

درصدی از سطح زمین پوشیده شده به وسیله شاخ و برگ گیاهان

Capillarity

جریان کاپیلاری، جریان آب یا مایعات در لوله‌های باریک یا منافذ

میکرو خاک

Catch

گرفتن؛ مقدار ماهی گرفته‌شده؛ شکار و گرفتن حیوانات (معمولاً ماهی‌ها)

Catchment

ناحیه‌ای از زمین که آب ورودی به آن جمع‌آوری و زهکشی می‌شود. (مانند ناحیه اطراف یک دریاچه یا پایین یک رودخانه)

Catch – water drain

نوعی زهکشی که برای گرفتن آب باران زمین‌های شیب‌دار طراحی شده باشد.

Catena

دیاگرامی که تفاوت‌های ناشی از زهکشی خاک را نشان می‌دهد.

Cation

کاتیون، یون دارای بار الکتریکی مثبت

Cation exchange capacity

ظرفیت تبادل کاتیونی، توانایی خاک برای ذخیره کاتیون‌ها، (معیاری برای حاصلخیزی بالقوه خاک می‌باشد).

Cattle

رمة، حیوانات اهلی ردهٔ Bovidae که برای شیر و گوشت پرورش داده می‌شوند.

Caustic

(ماده) اسیدی

Caustic soda

هیدروکسید سدیم یا ترکیب سدیم و آب (که برای ساختن صابون به کار می‌رود).

Caustic lime

اکسید کلسیم

Cave

سوراخ بزرگی در زیرزمین (معمولاً در سنگ‌ها)

Cavity

سوراخی در داخل یک ماده جامد

Cd

علامت شیمیایی عنصر کادمیوم

Cedar

چوب قرمز آمریکایی که نرم بوده اما به رطوبت مقاوم است و کمیاب می‌باشد.

Ceiling

لاپه یا سطح بالایی، سقف

Celestial

مربوط به آسمان

Cell

سلول؛ یاخته؛ واحد ساختمانی و کنشی بدن موجودات زنده

Cellulose

هیدروکربنی که از واحدهای گلوکز ساخته‌شده و درصد زیادی از مواد گیاهی مخصوصاً دیواره‌های سلولی از آن ساخته شده‌است.

Celsius (centigrade)

سلسیوس، درجه سانتیگراد، مقیاس از درجه‌حرارت که در آن آب در صفر درجه یخ می‌زند و در ۱۰۰ درجه به جوش می‌آید.

Centimeter (centimeter)

سانتی‌متر، یک‌صدم متر، واحد اندازه‌گیری طول

Centrifugal force

نیروی گریز از مرکز

Centrifuge

سانتریفیوژ، وسیله‌ای که در اثر نیروی گریز از مرکز اجزای یک مایع را جدا می‌کند.

Centripetal

متمایل به مرکز، چیزی که به‌طرف مرکز می‌رود.

Centripetal force

نیرویی که باعث تمایل بدن به جذب‌شدن به مرکز مسیر می‌شود.

Cereal

غلات، گیاهانی که دانه‌هایشان برای تولید غذا و به‌خصوص آرد به کار می‌روند.

Carpel

برچه، قسمت ماده گیاه که از تخمدان و کلاله تشکیل شده است.

Carrier

۱. ناقل، کسی یا موجودی که بیماری‌ها را منتقل می‌کند بدون اینکه علائم بیماری را داشته باشد.

۲. حشره ناقل بیماری‌ها به انسان.

۳. شخص سالمی که ناقل بیماری‌های ژنتیکی (مانند هموفیلی) است.

Carrying capacity

ظرفیت حمل، گنجایش یا ظرفیت محیطی، حداکثر تعداد یا بیوماسی که یک محیط بتواند از یک جمعیت پذیرا باشد، حداکثر تعداد افراد یک گونه که بتواند به‌وسیله یک محیط تأمین شوند.

Cascade

۱. آبشار کوچک، ۲. سیستم خالص‌سازی مواد که در آن مواد از یک‌سری فرایندهای خالص‌سازی عبور می‌کنند و در هر مرحله میزان خلوصشان افزایش می‌یابد.

Case

۱. پوشش سخت خارجی مانند پوست سخت دانه‌ها، ۲. حالت بیماری، ۳. کسی که بیماری دارد.

Cash crops

گیاهان نقدینه، گیاهانی که برای فروش محصول (نه اهداف دیگر مثل حاصلخیزی یا پوشش) کشت می‌شوند.

موقعیت اجتماعی یا موقعیت در جامعه

Caste

سیستمی که جانوران موقعیت‌های مختلفی را در جامعه اشغال می‌کنند.

Catabolism

کاتابولیسم، شکستن ترکیب شیمیایی پیچیده به مواد شیمیایی ساده

Cataclysm

دگرگونی‌های طبیعی ناگهانی

Catadromous

ماهی که در آب‌های سبک زندگی می‌کند و در دریا تخمگذاری می‌کند.

Catadormy

مهاجرت ماهی‌ها از آب‌های سبک به دریا برای تخمگذاری

Catalysis

فرایندهایی که در آنها واکنش شیمیایی به کمک یک کاتالیزور انجام می‌شود.

Catalyst

ماده‌ای که به تولید یا انجام یک واکنش کمک می‌کند بدون اینکه خودش تغییر کند.

Catalytic reaction

واکنش شیمیایی که به‌وسیله کاتالیست انجام می‌شود.

Catalytic muffler (catalytic converter)

وسيله‌ای که به لوله اگزوز اتومبیل متصل شده تا انتشار منواکسید کربن را کاهش دهد، وسیله‌ای است که هیدروکربن‌ها و منواکسید کربن اگزوز اتومبیل را تبدیل به دی‌اکسید کربن و بخار آب می‌نماید.

Catalyze

کاتالیز، عمل یک کاتالیست، عمل کمک به انجام یک واکنش شیمیایی

Catastrophic agents

عوامل تخریبی، عوامل تخریبی که درصدد تخریب آنها ارتباطی به تراکم جمعیت ندارد.

Chart

چارت، نقشه یک منطقه آبی، مانند دریا یا دریاچه بزرگ، دیاگرامی شامل رسم خطوط و اطلاعات روی کاغذ گراف

Chem-**Chemical compound**

ترکیب شیمیایی، ماده تشکیل شده از دو یا چند عنصر شیمیایی

Chemical elements

عناصر شیمیایی مواد شیمیایی که سبب موتاسیون (جهش ژنی) می شوند.

Chemical mutagen**Chemical oxygen demand(COD)**

مقدار اکسیژنی که توسط ماده آلی در آب گرفته شده است.

Chemist

شیمی دان پیشوندی مربوط به شیمی

Chemo -**Chemoautotrophic bacteria**

باکتری شیمیوسنتزکننده، باکتری هایی که بکمک انرژی حاصل از واکنش های شیمیایی عمل تولید را انجام می دهند.

Chemolithotrophic

موجودات زنده ای مانند باکتری ها که از مواد غیر آلی انرژی شان را به دست می آورند.

Chemo - organotrophic

موجودات زنده ای که انرژی شان را از منابع آلی به دست می آورند (مانند تمام حیوانات).

Chemoreceptor

سلولی که به وسیله یک عصب حسی به وجود یک ترکیب شیمیایی عکس العمل نشان می دهد.

Chemosphere

کمواسفر، ناحیه ای در اتمسفر زمین بالای قسمت فوقانی تروپوسفر و زیر استراتوسفر که تغییرات شیمیایی تحت اثر تشعشعات خورشیدی اتفاق می افتد.

Chemotaxis

حرکت یک سلول که تحت اثر مواد شیمیایی قرار گرفته باشد.

Chemotrophic

کمو سنتز کننده یا شیمیوسنتز کننده، موجود زنده ای که با استفاده از انرژی غیر از انرژی نور، مواد آلی می سازد.

Chernobyl

نام ایستگاه انرژی اتمی بزرگی در شوروی سابق

Chernozem

چرنوزوم، خاک تیره رنگ حاصلخیز با مواد آلی زیاد

Chill

سردی لوله طولی، لوله ای نه تنها در داخل ساختمان بلکه در خارج آن که دود بخاری و دود آتش و غیره را از ساختمان خارج می کند (دودکش).

Chinal clay

کائولین یا خاک رس سفید نرم که برای مواردی مانند ساختن چینی سفید خالص و غیره به کار می رود.

Chinook

باد گرمی که از کوه های راکی به طرف دشت های کانادا در زمستان می وزد.

Chlor - (chloro -)

پیوندی است به معنی ۱. مربوط به کلرین، ۲. سبز.

Chloride

نمکی که ترکیبی از کلرین است.

Cerebr - (cerebro -)

پیشوندی که مربوط به قسمت اصلی مغز می شود.

Cerebrum**Certificate**

قسمت اصلی مغز نامه رسمی که در مورد چیزی صادر شده باشد، گواهی

Cesspool (cesspit)

مخزن فاضلاب یا مخزنی در زمین که فاضلاب منزل به آن می ریزد و از آن فاضلاب به تدریج به اطراف نفوذ می کند و با سیستم زهکشی اصلی مرتبط نمی باشد.

Cetacea (cetaceans)

پستانداران بزرگی که در دریا زندگی می کنند مانند دولفین ها، نهنگ ها، خوک های دریایی و غیره

CFC**Chain**

کلرو فلورو کربن زنجیره، تعدادی حلقه غذایی که مانند یک زنجیر به هم متصل باشند؛ تعداد اجزای متصل بهم یا حوادث مرتبط با هم

Chain reaction

واکنش هسته که یک نوترون به یک هسته برخورد نموده و آن را بشکند و در نتیجه نوترون دیگری جدا شود؛ واکنش شیمیایی که هر مرحله با واکنش یک ماده شیمیایی با مواد دیگر شروع شده و موادی را می سازند که با دیگران واکنش انجام می دهند.

Chalk

گچ، سنگ های گچی سفیدی که از کربنات کلسیم ساخته شده اند.

Chamaephytes

کامپوفیت ها، گیاهانی هستند که جوانه انتهایی ساقه شان در ارتفاع بالاتر از سطح خاک تا حداکثر ۲۵-۳۰ سانتی متر واقع شده است. به طوری که گاهی برف های شدید برای جوانه انتهایی آن ها نقش عایق در برابر سرما را دارند.

Channel

۱. قسمت عمیق یک بندر یا یک گذرگاه دریایی که کشتی ها عبور می کنند.

۲. بستر رودخانه یا سرتاسر زمینی که رودخانه یا نهر در آن جریان می یابد.

۳. فرستادن (آب) در یک جهت خاص

Channelize

باریک شدن یک نهر که در نتیجه آب سریع تر جریان می یابد.

Character

خصوصیت، طرز تفکر و رفتار یک فرد

Character displacement

شرایطی که در آن دو گونه زمانی که با هم باشند شباهت کمتری نسبت به زمانی که جدا هستند دارند.

Characteristic species

گونه های شاخص، گونه هایی که محدود به جوامع و مناطق خاصی هستند و برای شناسایی آن جامعه به کار می روند؛ گونه مشخصی که تنها در منطقه خاصی پیدا می شود، کیفیت یا مشخصه ای که یک چیز را متمایز می کند.

Characterize**Charcoal**

اختصاصی زغال چوب، زغال تشکیل شده از کربن که زمانی که چوب سوزانده شود در غیاب اکسیژن تشکیل می شود.

بخ تشکیل شده‌اند.

Citric acid cycle or krebs cycle

چرخهٔ اسیدسیتریک یا چرخه کربس، مجموعه واکنش‌های مهم تنفس که فراورده‌هایی مانند چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدآمین‌ها در میتوکندری‌ها تبدیل به دی‌اکسیدکربن و آب می‌شوند.

Cl

Cladding

موادی که اطراف بعضی از چیزها برای حفاظت آن می‌گذارند، مانند موادی که روی سطح خارجی ساختمان‌ها یا اطراف تانک‌ها برای حفاظت در برابر گرما کار گذاشته می‌شود.

Clarification

تصفیه فاضلاب از مواد جامد، فرایند جداسازی مواد زاید جامد از فاضلاب

Class

رده، یکی از تقسیمات موجودات زنده

Classify

۱. رده‌بندی، ۲. قراردادن منابع یا اجزای آن در گروه‌هایی که امکان مراجعه مجدد به آنها باشد، ۳. تشکیل رمز اطلاعاتی.

Classification

طبقه‌بندی، سیستمی که اطلاعات یا مواردی را در آن قرار داده تا آسانتر شناسایی شود.

Clay

رس، ذراتی از خاک که اندازه‌شان کمتر از ۰/۰۲ میلی‌متر بوده و دارای بار الکتریکی منفی هستند.

Claypan

گودال‌هایی در سطح اراضی رسی که باران در آنها جمع می‌شود.

Clean air

هوای تمیز، هوایی که ناخالصی ندارد یا هوایی که عاری از آلوده‌کننده‌ها است.

Clean power station

نیروگاهی که مواد آلوده‌کننده یا تشعشعات کمتری تولید می‌کند.

Cleanse

بسیار تمیز ساختن

Cleanser

پودر یا مایعی که تمیزکننده باشد.

Clean up

انتقال تفاله‌ها یا مواد زاید یا آلوده‌کننده‌ها از یک محل

Clean – up

عمل انتقال آلوده‌کننده‌ها

Clear air

هوای عاری از مه و دود و آلودگی

Clear sky

آسمان بدون ابر

Clear of

عاری از، آزاد از

Clearcutting

روش برداشت تکه‌های چوب حاصل از قطع همزمان تمام درختان، این اصطلاح روشی در مدیریت جنگل است که بعد از قطع درختان تکه‌های چوب از جنگل برداشته شده و آن منطقه تمیز می‌گردد و سپس بذر گیاهان جدید کاشته می‌شود.

Clearfell

تمیز کردن قسمتی از جنگل به‌وسیله قطع درختان

Cleptoparasitisme

انگل راهزن، حشره‌ای که از طریق دزدی به نحوی از ذخیرهٔ غذایی حشره دیگر استفاده می‌کند.

Cliff

صخره

Chlorinated

با کلرین تیمار یافته

Chlorinated hydrocarbon insecticides

کلرین آلی یا نوعی حشره‌کش که به‌طور مصنوعی از ترکیب کلرین ساخته می‌شود.

Chlorination

استریلیزه کردن به‌وسیله اضافه کردن کلرین. این عمل برای از بین بردن باکتری‌ها در آب‌های آشامیدنی، استخرهای شنا، فاضلاب‌ها و بسیاری اعمال صنعتی مانند فراوری غذاها به کار می‌رود.

Chlorine

گاز قوی متمایل به سبزی است که برای استریلیزه کردن آب به کار می‌رود. علامت شیمیایی آن Cl و عدد اتمی‌اش ۱۷ می‌باشد.

Chlorine demand

مقدار کلرین موردنیاز برای کشتن باکتری‌ها در مقدار معینی فاضلاب.

Chlorine monoxide

ماده‌ای که در استراتوسفر تشکیل می‌شود و ازن را تخریب می‌کند.

Chlorophyta

جلبک سبز، بزرگترین رده جلبک‌ها

Chlorosis

کلروز، زردشدن برگ گیاهان در اثر کاهش کلروفیل

Choke

خفه کردن، کشتن یک موجود زنده به‌وسیله قطع هوا یا سایر مواد حیاتی

CHP (combined heat and power)

ترکیب گرما و قدرت

CHP plant

ایستگاه برق که هم الکتریسیته تولید می‌کند و هم آب را برای جمعیت‌های محلی گرم می‌کند.

Chromatophore

کروماتوفور، هر سلولی که دارای رنگیزه باشد مانند سلوله‌های مو، پوست و سلول‌های دارای کلروفیل.

Chronie

بیماری یا وضعیتی که برای مدت طولانی دوام یابد.

-cide

پسوندی به معنی کشتن

Cinders

خاکستر، مواد زاید گرمی که از آتشفشان فعال یا از کوه خارج می‌شوند.

Circadian rhythm

ساعت بیولوژیکی، تناوب فعالیت‌های روزانه و فرایندهای بدن مانند خوردن و خوابیدن و غیره، عمدتاً به‌وسیله هورمون‌ها کنترل می‌شوند و هر ۲۴ ساعت تکرار می‌شوند، هم در گیاهان و هم جانوران مشاهده می‌شوند؛ رفتار دوره‌ای؛ چرخه‌ای از فعالیت که دارای یک دوره تقریباً ۲۴ ساعته باشد.

Circulate

حرکت هوا یا مایعی به‌طور چرخشی

Circum -

پیشوندی به معنی گرداگرد، اطراف

Circumpolar

اطراف قطب شمال و جنوب

Circumpolar vortex

جریان جهت بالا که در اطراف قطب‌ها حرکت می‌کند.

Cirrocumulus

نوعی از ابرهای مرتفع که در بالای ۵۰۰۰ متر دیده می‌شوند.

Cirrus

ابر سیروس، توده‌های مرتفع (بالای ۵۰۰۰ متری) از ابرهای مجزا که به نظر می‌رسد که از فیبرها ساخته شده‌اند و درواقع از کریستال‌های

Cloud chamber

نوعی دستگاه آزمایشگاهی که در آن می‌توان ابرها را تشکیل داده و نینواسیون را مطالعه نمود.

Cloud cover

قسمتی از آسمان که توسط ابرها پوشیده شده است.

Cloud forest

جنگل بلند مه‌آلود

Cloud layer

توده ابرها در یک ارتفاع خاص از زمین

Cloudless

غیرابری، آسمان بدون ابر

Cloud seeding

وارد کردن هسته‌های متقبض کوچکی مانند یدید نقره به داخل ابر برای افزایش بارندگی

Cloudy

ابری، آسمان پوشیده از ابر

Clump

تجمع، گروهی از اجزا که با هم جمع شده‌اند، جمع شدن با همدیگر به‌صورت گروه

Clumped distribution

توزیع جمعی، توزیع کپه‌ای، نوعی توزیع افراد جمعیت که در آن افراد به دلایل مختلفی دور هم جمع می‌شوند.

CNS (central nervous system)

سیستم عصبی مرکزی

Co

علامت شیمیایی عنصر کبالت

Coagulate

تغییر شکل از مایع به شبه جامد که ذرات معلق به‌صورت گروهی تجمع پیدا می‌کنند.

Coal

زغال‌سنگ، مواد آلی سیاه جامدی که در لایه‌های زیرین اکثر قسمت‌های جهان یافت می‌شوند و در اثر سوختن تولید گرما یا انرژی می‌کنند.

Coalescence process

یک فرایند تشکیل بارندگی است که در ابرها درجه‌حرارت‌های بالاتر از نقطه انجماد ایجاد می‌کند.

Coal gas

گاز حاصل از فرایندسازی زغال‌سنگ

Coal liquefication

فرایندی که طی آن با گرمادادن زغال‌سنگ در غیاب اکسیژن از زغال‌سنگ، مایع به‌دست می‌آورند.

Coal seam

لایه‌ای از زغال‌سنگ در زیر صخره‌های سطح زمین

Coal tar

هر تعداد مایعاتی که توسط تقطیر زغال‌سنگ تشکیل می‌شود.

Cobble

سنگ گرد بزرگ

Codistillation

فرایندی که مولکول‌های مواد سمی می‌توانند در اثر تبخیر وارد ابرهای بالا زمین شده و سپس به‌صورت باران به دریا برگردند.

Codominat

گونه‌ای که نسبت به گونه‌های دیگر غالب است.

Coelom

فعالیت بدن در یک جنین که برای تشکیل سینه و شکم تقسیم می‌شود.

Coevolution

تکامل همزمان دو یا چند گونه که بر هم تأثیر متقابل دارند مانند تکامل انگل و میزبان با هم.

Coexistence (co – existence)

همزیستی

Climate

وضع آب‌وهوای یک منطقه در دراز مدت

Climatic climax

کلیماکس اقلیمی، کلیماکس (قله) که توسط عوامل اقلیمی کنترل می‌شود.

Climatic factors

عوامل اقلیمی، شرایط اقلیمی مانند میزان نور، درجه‌حرارت، رطوبت و غیره که بر موجودات زنده‌ای که در آنجا زندگی می‌کنند مؤثر است.

Climatic zone

ناحیه اقلیمی، یکی از هشت ناحیه زمینی که اقلیم‌های مشخصی دارد.

Climatologist

اقلیم‌شناسی، دانشمندی که به‌طور اختصاصی اقلیم را مطالعه می‌کند.

Climatology

اقلیم‌شناسی

Climax

کلیماکس، قله یا مرحله‌نهایی در توسعه یک اکوسیستم، آخرین مرحله‌ای که سیستم در اثر پیمودن مراحل توالی به آن دست می‌یابد.

Climax community

جامعه کلیماکس، جمعیت‌هایی که در مرحله کلیماکس وجود دارند. این جمعیت‌ها برای سال‌های طولانی پایدار می‌باشند مگر اینکه به دلیل تغییر عوامل اقلیمی یا دخالت انسان تغییر کنند.

Climax ecosystem

اکوسیستم کلیماکس، اکوسیستمی که در مرحله کلیماکس می‌باشد.

Climax species

گونه کلیماکس، گونه موجود زنده‌ای که در مرحله کلیماکس وجود دارد.

Climax stage

مرحله کلیماکس، آخرین مرحله روند توالی

Cline

تغییراتی که در یک گونه طبق محیطی که در آن زندگی می‌کند اتفاق می‌افتد، دگرگونی تدریجی شکل و فرم افراد یک گونه که در ارتباط با پراکندگی جغرافیایی و اکولوژیکی آن گونه باشد.

Clindker

توده‌های خاکستر و بقایای سخت حاصل از کوره‌ها برای ساختن سطح جاده‌ها یا breeze – blocks

Clisere

توالی جوامعی که تحت تأثیر اقلیم ناحیه بوده است.

Clone

کلون، گروهی از سلول‌ها که در اثر تولیدمثل غیرجنسی از یک سلول به‌وجود آمده باشند، مجموعه گیاهانی که از تولیدمثل غیرجنسی از یک گیاه به‌وجود آمده‌اند، موجود زنده‌ای که به‌طریق غیرجنسی به‌وجود آمده است.

Cloning

روش تولید یک موجود زنده واقعی از موجود زنده دیگر به‌وسیله تولیدمثل غیرجنسی

Clostridium

کلوستریدیوم، نوعی باکتری، گونه‌ای از کلوستریدیوم سبب بوتولیسم و تتانوس شده و گاز تولید می‌کند و از طرفی میزان نیتروژن خاک را افزایش می‌دهد.

Cloudbank

توده ابرهای پایین

Cloudbase

قسمت پایین یک لایه ابر

Cloudburst (sudden rainstorm)

باران ناگهانی

Community heating

گرم کردن خانه‌ها و مغازه‌ها در یک منطقه با استفاده از یک منبع مرکزی

Community pattern

الگوی جامعه، ساختمان خاصی که در اثر پراکندگی موجودات و رابطه‌شان با محیط ایجاد می‌شود.

Companion plant

گیاه همراهی که بهتر از گیاهان دیگر رشد می‌کند.

Compensation depth

نقطه‌ای از یک دریاچه یا دریا که میزان تولید ماده آلی توسط فتوسنتز برابر با میزان از دست رفتن ماده آلی توسط تنفس می‌باشد.

Compensation point

نقطه جبرانی، نقطه‌ای که میزان تولید مواد آلی در اثر فتوسنتز برابر با میزان مصرف مواد آلی در اثر تنفس باشد؛ نقطه‌ای که میزان فتوسنتز گیاه به اندازه نیاز تنفسی گیاه باشد.

Competing species

گونه‌های رقیب

Competition

رقابت، فعالیت و مقابله موجودات زنده یک محل برای کسب منابع محدود رشد.

Competitive exclusion principle (Gause's hypothesis)

اصل طرد رقابتی (اصل گوس)، براساس این اصل در یک جامعه هیچ دو گونه‌ای نمی‌توانند نیچ کاملاً یکسانی را اشغال نمایند. زیرا چنانچه دو گونه با خصوصیات نسبتاً مشابه در یک محیط قرار گیرند یعنی احتیاج به نیچ یکسانی داشته باشند، یکی از دو گونه با امتیازات هرچند اندکی که داشته باشد به‌تدریج گونه دیگر را از میدان رقابت خارج خواهد کرد.

Competitive inhibition

بازدارندگی رقابتی

Complex system

سیستم پیچیده

Compost

کمپوست، کود برگ، شاخ‌وبرگ گیاهان که در زیر لایه‌های خاک یا کود حیوانی و آهک تجزیه شوند و به‌عنوان کود به‌کار برده می‌شوند.

Compost heap

مجموعه گیاهانی که در باغ انباشته و تجزیه می‌شوند و زمانی که آماده شدند می‌توانند در خاک به‌عنوان کود پخش شوند.

Composting

عمل کمپوست کردن

Compound

ترکیب، ماده مرکب، ماده‌ای که از دو یا چند عنصر شیمیایی ساخته شده باشد.

Compression

فرایندی که در آن گیاه به‌وسیله مدفون شدن و پهن شدن به‌صورت سنگواره حفظ می‌شود و نتیجه آن ممکن است تشکیل یک ورقه کربنی باشد.

Concentrate

غلظت، میزان یک ماده در حجم معین

Concrete

ماده سنگ مانند و سخت (بتون)

Concretion

تشکیل توده جامدی از سنگ

Condense

تبدیل بخار به مایع، متراکم شدن

Condensation

عمل متراکم شدن بخار آب و تبدیل آن به مایع، فرایندی که طی آن

Coke

کک، سوخت ایجادشده به‌وسیله گرمادادن زغال‌سنگ در درجه حرارت‌های بالا و عدم حضور هوا

Col

گذرگاه یا مسیر بالای بین دو کوه؛ ناحیه فشار بین دو anticyclones

Cold blooded animals (poikilotherms)

جانوران خونسرد، جانورانی که درجه حرارت بدنشان تابع درجه حرارت محیط می‌باشد.

Cold front

جبهه هوای سرد

Cold hardening

سخت شدن نسبت به سرما، مقاوم شدن به سرما

Cold steppic zone

منطقه جلگه‌ای سرد

Cold trough

منطقه طولانی از فشار پایین و هوای سرد؛ آب‌وهوای سرد

Collagen

غلاف‌های فیبرهای پروتئینی

Colloid

کلوئید، مواد تشکیل شده از ذرات بسیار ریزی که تشکیل محلولی را زمانی که معلق در مایع باشند، می‌دهند.

Colloidally dispersed particles

ذرات معلق در مایع

Colonial animals

جانورانی (مانند مورچه‌ها یا برخی پرندگان دریایی) که معمولاً به‌صورت کلنی زندگی می‌کنند.

Colonize

شروع به زندگی در یک مکان

Colony

کلنی، گروهی از جانوران یا گیاهان یا میکروارگانیسم‌ها که با همدیگر در مکان خاصی زندگی می‌کنند.

Coloration

رنگ‌ها یا الگوهای یک جانور

Colour (color)

رنگ، طول‌موج‌های مختلف نور

Colouring (matter)

ماده‌ای که یک غذای فراوری شده را رنگ می‌کند.

Columnar

شکلی مانند یک ستون، ستون‌مانند

Combined heat and power (CHP) scheme

برنامه تولید نیروی الکتریکی و آب گرم به‌وسیله سوزاندن مواد زاید سوختن

Combust

قابل احتراق

Combustible

احتراق

Combustion

Commensal

موجود زنده‌ای که رو یا داخل موجود زنده دیگری زندگی می‌کند بدون اینکه اثر یا صدمه‌ای بر آن داشته باشد.

Commensalisms

کامنسالیسم یا همسفرگی، زندگی همزیستی است که دو گونه موجود زنده‌ای که با هم هستند یکی از گونه‌ها همسفره است و گونه دیگر میزبان می‌باشد. همسفره سود می‌برد ولی به‌حال میزبان اثری ندارد.

Commune

محله

Community

اجتماع، جامعه، مجموعه جمعیت‌هایی که در یک مکان جغرافیایی زندگی می‌کنند.

Community changes

تغییرات جامعه

Contaminate	آلوده کردن	مولکول‌های آب از حالت بخار به حالت مایع درمی‌آید مانند تشکیل شبنم.
Contamination	آلودگی	
Content	محتوی - حاوی	قطرات رطوبت موجود در هوا
Continent	قاره	ذراتی که روی آنها رطوبت تشکیل می‌شود.
Continental climate	اقلیم قاره‌ای - نوعی اقلیم که در مرکز یک قاره بزرگ دور از دریا وجود داشته و دارای تابستان‌های خیلی گرم و بدون باران و زمستان‌های خیلی سرد است.	Condensation aerosol
Continental crust	بخشی از پوسته زمین در زیر لایه‌های تشکیل‌دهنده قاره‌ها که بر روی پوسته اقیانوس واقع شده است.	Condensation nucleus
Continental drift	حرکت بسیار آهسته صفحات پوسته زمین	Condenser
Continental margin	قسمتی از دریا و بستر خشکی دریا که یک قاره را احاطه کرده و حدود ۲۰۰۰ متر عمق دارد.	وسیله‌ای که در آن بخار تشکیل‌شده در نیروگاه، سرد شده و تبدیل به آب می‌گردد.
Continuum	چگونگی تغییر در ترکیب گونه‌ها در ارتباط با بستر زیست.	Conduction
Continuum index	شاخص موقعیت اجتماع واقع در یک طیف تغییرات با ترکیب گونه‌ای	هدایت، انتقال گرما یا صدا از یک قسمت به قسمت دیگر، انتقال گرما از یک جسم به جسم دیگر در اثر تماس مستقیم دو جسم.
Contour	خطی که روی نقشه نشانگر خشکی همسطح با ارتفاع سطح دریا است.	Conduit
Control	حفظ، کنترل و نگهداشتن، شاهد	Confluence
Conversion	انتقال شیمیایی یا بیوشیمیایی پس‌مانده‌ها و بقایای داخل فرآورده‌های مفید مانند کودها، سوخت‌ها و مواد شیمیایی صنعتی	محلی که دو رودخانه به هم وصل می‌شوند، مکانی که دو جریان هوا به هم می‌رسند.
Conurbation	زمین بزرگ پوشیده از ساختمان	Congestion
Convection (compare ADVECTION)	جابه‌جایی و حرکت عمودی هوا	جمع‌شدگی، فراهم آمدگی، بلوکه‌شدن یک لوله یا یک مسیر
Conventional	مرسوم و عادی - رایج	Conglomerate
Convergence	همگرایی، نوعی تکامل که در آن افرادی که از نظر خویشاوندی متفاوتند، به تدریج صفاتشان به یکدیگر نزدیک می‌شود.	لایه رسوبی تشکیل‌شده از سنگ‌های گرد کوچک
Convert	تغییر دادن	Conifer
Converter	متغیر	سوزنی‌برگان، گیاهان همیشه سبز با برگ‌های سوزنی‌شکل
Cool	سرد و خنک	Conifer forest
Cooling tower	برج بلندی که برای خنک کردن آب در فرآیندهای صنعتی به کار می‌رود.	جنگل سوزنی‌برگ
Coolant	ماده‌ای که برای خنک کردن به کار می‌رود - ماده‌ای که گرمای مولد را از یک ایستگاه مولد انرژی هسته‌ای به جوشاننده‌ها منتقل می‌کند.	Conserve
Copper	مس	نگهداری یا حفظ کردن
Coppice	زمینی که درختان آن را به منظور جوانه‌زنی مجدد از سطح زمین قطع می‌کنند تا مجدداً آنها را درو کنند.	Conservancy
Copra	مغز نارگیلی که از آن روغن می‌گیرند.	ارگان اداری که قسمتی از محیط (مانند رودخانه) را حفظ می‌کند.
		Conservation
		حفاظت، نگهداری
		Conservation ecology
		اکولوژی حفاظت منابع طبیعی
		Conservation of energy
		مصرف انرژی با راندمان بیشتر
		Conservation of soil
		حفظ خاک از فرسایش یا دستکاری زیاد، نگهداری کیفیت محیطی
		یا منابع به وسیله کاربرد اصول علم اکولوژی
		conservation Area
		منطقه حفاظت‌شده، منطقه‌ای از یک شهر که ساختمان‌ها با معماری خاصی بوده و از نظر تاریخی جالب باشد.
		Conservationist
		شخصی که به حفاظت حومه شهر علاقه‌مند بوده و مدیریت دقیقی بر منابع طبیعی داشته باشد.
		Constant
		ثابت، تداوم، ادامه داشتن
		Constant level chart
		طرح خطوط تراز، نقشه‌ای که در آن نقاط هم‌فشار را با خطوط خاصی نشان داده‌اند.
		Consume
		مصرف‌شدن یا سوختن (سوخت) یا خوردن (ذخیره غذایی).
		consumer
		مصرف‌کننده، موجود زنده‌ای که از مواد تولیدشده توسط تولیدکنندگان مصرف می‌کند.
		Consumption
		تغذیه کردن - مصرف
		Contact
		تماس - ارتباط - رابطه داشتن
		Contagion
		شیوع بیماری - ابتلاء به بیماری از راه تماس با آن
		Contagious
		مسری

Creosote

ماده‌ای مشتق از زغال که به‌عنوان یک آفت کش برای حفظ آن از پوسیدگی یا حمله حشرات به کار می‌رود.

Crepuscular

موجودات زنده‌ای که در طلوع و غروب آفتاب فعالند.

Crepuscular rays

اشعه مجزا و عمودی خورشید که از سوراخ ابرها عبور می‌کند.

Crest

بلندترین نقطه طول دامنه یک کوه

Crevass

شکاف بزرگ درون یک توده یخی

Crevice

شکاف یا سوراخ کوچک در صخره

Crisis

بحران

Criterion

معیار، استاندارد

Critical

بحرانی، عمده و مهم

Critical pollution

آلودگی بحرانی

Critically endangered species

گونه‌های در معرض خطر شدید

Criticize

انتقاد کردن

Crop

گیاه زراعی

Crop ecology

اکولوژی گیاهان زراعی

Cropland

زمین تحت کشت گیاهان - مزرعه

Cropper

درخت میوه یا گیاهی که پر برگ و میوه است. (درخت پربار)

Cross

صلیب - پرورش گیاهان یا حیوانات از دو گونه متفاوت

Cross - fertilization

بارور کردن یک گیاه از گیاه دیگری از همان گونه

Cross - pollination

بارور شدن یک گیاه به‌وسیله گرده‌های یک گیاه دیگر از همان گونه

Crowding

تراکم - ازدحام - انبوهی

Crown

تاج - تارک و شاخ‌وبرگ قسمت بالای درختان

Crown fires

آتش‌سوزی‌های تاج، آتش‌سوزی‌های بسیار عظیمی هستند که عمدتاً در اکوسیستم‌های جنگلی با درختان متراکم و انبوه رخ داده و قسمت اعظم موجودات زنده را از بین برده و تغییر اساسی در نوع موجودات زنده منطقه به‌وجود می‌آورد.

Cruciferae

خانواده گیاهان رایج مثل کلم که گیاهانشان متشکل از ۴ گلبرگ است

Crude birth rate

نرخ خام زاد و ولد

Crude death rate

نرخ خام مرگ‌ومیر

Crude density

تراکم خام یا ناخالص - اندازه تعداد واقعی یا بیوماس یک جمعیت در واحد فضا

Crude growth rate

آهنگ رشد خام یا آهنگ رشد جمعیت - تغییر تراکم جمعیت در طی زمان

Crude imigration rate

نرخ خام مهاجرت

Crude oil (crude petroleum)

نفت خام قبل از استخراج از زمین و تصفیه شدن

Coral

مرجانی - ماده سخت صخره ماندنی که از اسکلت پولیپ‌های مرده تشکیل شده است.

Cordwood

الوار - قطعات چوب بریده‌شده و یک اندازه ساقه درخت

Core

مرکز (زمین) - قسمت مرکزی راکتور هسته‌ای که میله‌های سوختی در آن واقع شده‌اند.

Coriolis force

پدیده‌ای که ضمن آن ذرات همچنان که به‌جلو پیش می‌روند متمایل به حرکت به پهلو هستند. در نیمکره شمالی ذرات در جهت عقربه‌های ساعت حرکت کرده و در نیمکره جنوبی اجسام خلاف جهت عقربه‌های ساعت حرکت می‌کنند.

Cork

چوب‌پنبه، لایه‌ای از سلول‌های مرده زیر پوست درختان مانند لایه ضخیم درخت بلوط.

Corm

قسمت تحتانی ساقه گیاه که می‌تواند به‌صورت یک حباب باقی‌مانده و در فصل بهار منشأ جوانه‌زنی مجدد گیاه باشد، پیاز کاذب مانند پیاز زعفران

Corn

ذرت، دانه غلات به‌خصوص گندم

Corolla

حلقه‌ای از مجموعه گلبرگ‌های یک گل

Corona

حلقه یا هاله‌های رنگارنگ اطراف ماه یا خورشید که در مه رقیق مشاهده می‌شود.

Corrosion

سایش

Correction

تصحیح کردن

Corrode

تغییر ترکیبات فلزات به‌وسیله انتقال آب یا هوا به آن‌ها

Cosmos

کره زمین - جهان هستی

Cosmic

جهانی

Cost - benefit analysis

به‌مفهوم اقتصادی (نقاط قوت و ضعف یک سری عملیات خاص)

Cost - effective

ارزشمند، زمانی که سود در مقایسه با قیمت بیش از ارزش کالا است

Cottonwood

درختی در آمریکای شمالی که چوب‌های سختی دارد.

Cotyledon

اولین برگ یک گیاه وقتی که بذر جوانه می‌زند.

Counter shading

نوعی ترکیب رنگ در پوست حیوانات که در آن پشت تیره‌تر از شکم است و تشخیص شکل دقیق حیوان را مشکل می‌سازد.

Country (countryside)

روستا - دهکده

Coupe

قسمتی از جنگل که درختانش قطع‌شده

Cover

پوشش، محافظ، مقداری خاک که سطحش از گیاه پوشیده شده، گیاهانی که سطح خاک را می‌پوشانند.

Cracking

فرآیندی که ضمن آن نفت (روغن) ناخالص به نفت (روغن) سبک تبدیل می‌گردد.

Crater

مدور دهانه آتشفشان

Decomposition تجزیه، تبدیل مواد آلی به مواد معدنی

Deep-well fluid injection

روش انتقال مواد زیاد مایع به وسیله پمپ کردن تحت فشار به گودال‌های سطحی و فضاهای منافذ

Deforestation

جنگل زدایی

Demographic transition

گذار جمعیت

Demography

جمعیت‌نگاری، جمعیت‌شناسی، علم مطالعه جمعیت انسانی به ویژه از نظر آمار مربوط به سلامتی، بیماری، تولیدمثل و مرگ و میر

Demos

جمعیت

Demotic studies

سرویس‌های جمعیتی

Denitrification

دنیتریفیکاسیون، تبدیل نیترات یا نیتريت به نیتروژن مولکولی یا اکسید نیتروژن

Density

تراکم، تعداد افراد یا وزن بیوماس در واحد سطح یا واحد حجم

Density-dependent factor

عوامل بسته به تراکم، عواملی که میزان تأثیر آنها به تراکم نیز بستگی دارد.

Density-independent factor

عوامل مستقل از تراکم، عواملی هستند که میزان تأثیر آنها ارتباطی به تراکم جمعیت ندارد.

Depleted cover

پوشش کاسته شده

Depletion

کاسته شده، تخلیه

Deposition

فرایندی که طی آن مولکول‌های آب از حالت بخار مستقیماً به کریستال‌های یخ تبدیل می‌شوند.

Desalination

فرایندی که طی آن میزان نمک آب بسیار کاهش یافته و بدین ترتیب آب شور می‌تواند برای شرب یا آبیاری استفاده شود.

Desert ecology

اکولوژی صحرا، اکولوژی بیابان

Desert ephemerals

گیاهان زودگذر بیابانی، گیاهان یک‌ساله‌ای هستند که دوره زندگی‌شان را در مدت کوتاهی که رطوبت وجود دارد تکمیل می‌کنند و قبل از فصل خشکی تولید بذر می‌نمایند.

Desertification

کویرزایی

Dissociation

گسستگی

Detritus

ماده آلی مرده، بقایای گیاهی یا جانوری که آبدار بوده یا کمی تجزیه شده باشند.

Detritus food chain

زنجیره غذایی گند و گندرو یا زنجیره غذایی تجزیه مواد آلی، زنجیره غذایی است که از ماده غیرزنده آلی شروع و به موجودات زنده میکروسکوپی (میکروارگانیسم‌ها) و سپس موجودات تغذیه کننده می‌رسد.

Detritus food webs

شبکه غذایی گند و گندرو یا شبکه غذایی تجزیه مواد آلی

Developed countries

کشورهای توسعه یافته و پیشرفته

Developing countries

کشورهای در حال توسعه

Crust

لایه فوقانی بسیار سخت بخصوص لایه فوقانی سخت زمین که از صخره‌ها تشکیل شده است.

Crustacea

طبقه‌ای از حیوانات که پوسته (صدف) سختی دارند و همچنان که رشد می‌کنند به صورت دوره‌ای پوسته می‌اندازند (پوست عوض می‌کنند).

Cryosphere

کره یخ - مجموع یخ‌های سطح زمین - کره یخ کره ییوسته‌ای نیست و دو منطقه عمده آن در قطب شمال واقع شده - اگر مجموع یخ‌های کره زمین را روی زمین بگسترانند، ضخامت آن به طور متوسط به ۶۰ متر می‌رسد.

Cryophyte

گیاهی که در شرایط سرما زندگی می‌کند (مثلاً در برف).

Cryptic coloration

الگوی رنگ آمیزی حیوانات که تشخیص آن‌ها را مشکل می‌کند.

Cryptophytes

کریپتوفیت یا ژئوفیت‌ها. گیاهانی که جواره انتهایی ساقه‌شان در داخل خاک قرار گرفته و خاک نقش عایق در برابر سرما را دارد.

Crystal

شکل منظم و جامد یک عنصر

Cs

عنصر سزیوم

Cu

علامت شیمیایی عنصر مس

Cultivation effect

اثر جمعی

Cultural eutrophication

افزایش مواد غذایی طبیعی در آب‌های سطحی به وسیله فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی.

Cullet

خرده شیشه - شیشه شکسته

Culm

ساقه علفی که گل می‌دهد

Cultch

زباله و ضایعات موجود در دریا که بستر رشد صدف‌ها محسوب می‌شود

Cursorial

سازگار به دودین

Cybernetics (syn: kybernetes = pilot or governor)

سایبرنتیک یا دانش لگام‌شناسی

D

Daily periodicity

تغییرات روزانه

Day-neutral plants (syn: photoaperiod)

گیاهان بی‌تفاوت یا روز خنثی، گیاهانی هستند که برای تحریک گلدهی نیاز به طول روز خاصی ندارند.

Death rate

نرخ مرگ و میر، تعداد مرگ و میرهای هر جمعیت در واحد زمان

Debris

مانده طبیعی، نخاله

Deciduous

خزان کننده

Deciduous forests

جنگل‌های خزان کننده، جنگل‌هایی که از درختانی تشکیل شده که برگ‌هایشان در طی قسمتی از سال می‌ریزد.

Decomposers (syn: microcomposer, microconsumers reducer)

تجزیه کنندگان، موجوداتی که کار تبدیل مواد آلی را به مواد معدنی انجام می‌دهند.

Doubling time

زمان دوبرابرشدن، مدت زمان لازم برای دوبرابرشدن جمعیت

Down stream

پایین رود

Drift

رانش

Dry farming

دیمکاری

Dust bowl

شن‌روان

Dyke

بند، پشته، خاکریز

Dynamics

دینامیک، پویایی، در اکولوژی جمعیت مطالعه تغییرات اندازهٔ جمعیت در زمان می‌باشد.

Dynamic system

سیستم پویا

E

Earthquake

زمین لرزه، حرکت ناگهانی زمین در اثر رهاشدن انرژی

Ecocline

بوم دگرگونی

Eco-design

بوم‌آرایی

Eco-development

بوم گسترش، بوم گسترد

Ecological amplitude

دامنهٔ برداری

Ecological backlash

عکس‌العمل اکولوژیک

Ecological change

دگرگونی بوم‌شناختی، تغییر بوم‌شناختی، تغییر اکولوژیک

Ecological constellation

برج بوم‌شناختی، برج اکولوژیک

Ecological counterparts (syn: ecological equivalents)

مشابه‌های اکولوژیک، معادل‌های اکولوژیک، گونه‌هایی که در مناطق جغرافیایی جدا از هم نیچ مشابهی را اشغال می‌کنند.

Ecological density

تراکم اکولوژیک، تراکم خالص، تعداد یا بیوماس در واحد فضای زیست، گاهی به‌نام تراکم اقتصادی هم بیان می‌شود.

Ecological distance

فاصله بوم‌شناختی، فاصله اکولوژیک

Ecological dominants

غالبین اکولوژیک، موجوداتی که در جامعه تعداد بیشتر یا وزن بیوماس بیشتر و یا اهمیت بیشتری در جریان انرژی داشته باشند.

Ecological efficiency

راندمان اکولوژیک، درصد انرژی جذب‌شده (به‌صورت غذا) به‌وسیلهٔ یک سطح غذایی نسبت به سطح بالاتر، درصد انرژی انتقال یافته از یک سطح غذایی به سطح غذایی بعدی.

Ecological equivalents (syn: ecological counterparts)

معادل‌های اکولوژیک و مشابه‌های اکولوژیک، گونه‌هایی که در مناطق جغرافیایی جدا از هم نیچ‌های مشابهی را اشغال می‌کنند.

Ecological factor

عامل اکولوژیک، هر عاملی از محیط اعم از اقلیمی، فیزیکی، شیمیایی، زیستی، خاکی و غیره که بتواند حداقل در یک مرحله از دوران زندگی موجود زنده بر آنها تأثیر داشته باشد.

Ecological growth efficiency

راندمان رشد اکولوژیک

Ecological indicator

شاخص اکولوژیک

Diapause

دیپاوزه، دوره‌ای از رشد است که در آن رشد و متابولیسم کاهش می‌یابد. در چرخه زندگی بسیاری از حشرات دیده می‌شود و در این دوره موجود زنده نسبت به شرایط نامساعد محیطی مقاوم‌تر می‌شود.

Dial (daily)

روزانه

Dilution rate

اصطلاح عمومی برای توصیف میزان افزایش جمعیت در اثر زاد و ولد و مهاجرت به داخل

Discharge

دبی، مقدار آب جریان یافته از یک نقطه ثابت در رودخانه، نهر یا لوله در واحد زمان (تخلیه)

Disclimax (syn: disturbance climax)

شبه کلیماکس، شبه‌قله، اوج گسسته

Disintegration

گسیختگی

Dispersal

پراکندگی، حرکت افراد یا پخش و تکثیر آنها از محل تولد به‌اطراف

Dispersion

پراکنده

Displacement

جابه‌جایی

Disruptive

برهم‌زننده

Disseminate

پخش کردن

Dissolved organic mater (DOM)

ماده آلی محلول

Dissolved oxygen

اکسیژن محلول در آب، مقدار آن معمولاً بر حسب پی‌ای‌ام (قسمت در میلیون قسمت) بیان می‌شود.

Distribution

توزیع، پخش

Distribution pattern

الگوی توزیع، چگونگی قرار گرفتن افراد یک جمعیت در کنار یکدیگر

Disturbance climax

شبه کلیماکس، شبه‌قله، اوج گسسته

Diurnal

روزفعال

Divergence

واگرایی، نوع تکاملی که در آن افراد خویشاوند به‌دلیل اینکه در شرایط محیطی مختلفی قرار گرفته اند به‌تدریج صفاتشان از هم دور می‌شود.

Diversity

تنوع

Diversity evens

یکنواختی تنوع، مقدار یا تعداد افراد از هر گونه در جامعه

Divisibility

تقسیم‌پذیری

Dominance

کنترلی که به‌وسیلهٔ یک موجود زنده بر خصوصیات و ترکیب یک اکوسیستم اعمال می‌شود.

Dominance hierarchy

سازمان یا سلسله‌مراتب اجتماعی که در آن افراد بالاتر در استفاده از منابع تقدم دارند.

Dominant

غالب، بارز، گونه گیاهی که در یک جامعهٔ گیاهی تعداد یا وزن بیشتری داشته باشد و یا حیوانی که نسبت به بقیه افراد گروه حالت تهاجمی و برتری دارد.

Dormant

خفته، موجودی که خواب است و متابولیسم خفیفی دارد.

هستند که ضمن تجزیه مواد آلی، به محیط راه می‌یابند و صرف نظر از مصرف تغذیه‌ای ممکن است اثرات عمیقی بر نمو جمعیت‌های دیگر داشته باشند و در تنظیم جمعیت بسیاری از گونه‌های موجودات زنده نقش دارند.

Ectoparasitism

سیستم زندگی انگلی خارجی، انگل به بدن میزبان چسبیده و از آن بهره مند می‌شود.

Ectotherm (syn: poikilotherm)

خونسرد، جانورانی که درجه حرارت بدنشان با تغییر درجه حرارت محیط تغییر می‌کند و دمای بدنشان تابع دمای محیط است.

Edaphic climax

کلیماکس یا قله‌ای که در اثر نوع خاک در یک منطقه خاص به وجود آمده است.

Edaphic factors

عوامل ادافیک یا عوامل مربوط به خاک

Edge effect

اثر همجواری، تمایل به افزایش تنوع گونه‌ای در حاشیه

گونه‌های حاشیه‌ای، گونه‌های حاشیه‌نشین

Efficiency

راندمان، کارایی

Electromagnetic spectrum

طیف الکترومغناطیس، فرم‌های مختلف انرژی تشعشعی که با طول‌موج و یا فرکانس منظمی پخش می‌شوند.

Electromagnetic wave theory

تئوری الکترومگنتیک یا تئوری الکترومغناطیس موجی که بیان می‌دارد که نور در فضا به صورت موج حرکت می‌کند.

Emigration

مهاجرت به خارج

Emissivity

ضرب تابش

Endangered species

گونه‌ای که در معرض خطر نانودی دائمی است.

Endemic wildlife

حیات وحش بومی

Endoparasitism

سیستم زندگی انگلی داخلی

Endotherm (syn: homoiotherm)

خون گرم، جانورانی که درجه حرارت بدنشان با تغییر درجه حرارت محیط تغییر نمی‌کند بلکه سرعت متابولیسم مواد آلی تنظیم کننده دمای بدنشان است.

Energy budget

بودجه انرژی

Energy conversion efficiency

کارایی تبدیل انرژی

Energy efficiency index

شاخص کارایی انرژی

Energy subsidies

انرژی‌های کمکی، هر گونه انرژی که وارد سیستم شده و هزینه نگهداری سیستم را کاهش می‌دهد.

Entomophage

حشره خوار

Entropy

آنتروپی، معیاری برای اندازه‌گیری میزان پراکندگی و بی‌نظمی در سیستم‌های فیزیکی می‌باشد. به این معنی که اگر سیستم از حالت منظم به سمت بی‌نظمی و پراکندگی سیر کند، انرژی آن افزایش یافته و اگر از حالت بی‌نظمی به سوی نظم بیشتر گرایش باید آنتروپی آن کمتر می‌شود.

Environment

محیط زیست

Ecological longevity

طول عمر اکولوژیکی، دوره زندگی متوسط یک موجود زنده در بستر زیست طبیعی‌اش.

Ecological mortality

مرگ‌ومیر اکولوژیکی، مرگ‌ومیری که تحت شرایط محیطی موجود اتفاق می‌افتد.

Ecological niche

نیچ اکولوژیکی، آشیانه اکولوژیکی، وظیفه و نقش کامل یک گونه در یک اکوسیستم، مجموعه منابعی که تمام نیازهای یک گونه را برای حیات و تولیدمثل تأمین می‌کنند.

Ecological process

فرایند اکولوژیکی

Ecological pyramids

هرمهای اکولوژیکی، اشکالی که برای نشان‌دادن ساختمان غذایی اکوسیستم استفاده می‌شوند.

Ecological or realized natality

زاد و ولد اکولوژیکی یا واقعی، افزایش جمعیت تحت شرایط واقعی یا شرایط طبیعی موجود

Ecological or realized mortality

مرگ‌ومیر اکولوژیکی یا واقعی، میزان مرگ‌ومیر در شرایط محیطی موجود

Ecological succession

توالی اکولوژیکی، تحولات کوتاه مدت جامعه و اکوسیستم (بر خلاف تکامل که تحولات دراز مدت جامعه است). تغییراتی که در ساختمان و عمل اکوسیستم به طریقی خاص اتفاق می‌افتند.

Ecological system (syn: cosystem)

سیستم اکولوژیکی یا اکوسیستم

Ecological unit

واحد اکولوژیکی

Ecology

اکولوژی، بوم‌شناسی، علمی است که روابط متقابل موجودات زنده با هم و با محیط را مورد بررسی قرار می‌دهد.

Eco- mapping

بوم‌نگاری

Economic density

تراکم اقتصادی یا تراکم اکولوژیکی، تعداد یا بیوماس در واحد فضای زیست

Ecophenotype

اکوفنوتیپ، تغییر غیرژنتیکی در پاسخ به یکی از شرایط محیطی

Ecosphere

اکوسفر، بیوسفر، اکوسیستم زمین، بوم سپهر

Ecosystem

اکوسیستم، کلیه موجودات زنده و اجزای فیزیکی که در محدوده جغرافیایی معینی وجود داشته و بین خودشان و یکدیگر نقش متقابل وجود دارد. طوری که در اثر کنش‌های متقابل انرژی و مواد جریان دارند

Ecoton

اکوتون، حاشیه، محلی که دو یا چند جامعه متفاوت با هم مرز مشترک دارند، منطقه میان دو یا چند جامعه زیستی

Ecotope

مواد بیجان زیستگاه

Ecotype

اکوتیپ، زیر گونه یا نژادی که سازگاری خاصی به گروه خاصی از شرایط محیطی دارد.

Ecocrine (syn: exocrine, environmental hormone)

اکتوکرین (اگروکرین، هورمون‌های محیطی یا خارجی)، موادی

آوری به معنی پهن و وسیع، پیشوندی است که برای بیان وسعت دامنهٔ بردباری به کار می‌رود.

Euryecious

آوری شز، دامنهٔ بردباری نسبت به غذا وسیع است.

Euryadaphic

آوری اداپیک، دامنهٔ بردباری نسبت به خاک وسیع است.

Euryhalin

آوری هالین، دامنهٔ بردباری نسبت به شوری وسیع است.

Euryhydric

آوری هیدریک، دامنهٔ بردباری نسبت به آب وسیع است.

Euryphagic

آوری فاگیگ، دامنهٔ بردباری نسبت به غذا وسیع است.

Eurythermal

آوری ترمال، دامنهٔ بردباری نسبت به درجه حرارت وسیع است.

Eutrophication

اوتریفیکاسیون؛ فرایندی که طی آن منابع آبی محدود مثل دریاچه‌ها در مدت زمان کوتاهی تبدیل به باطلاق و مرداب می‌شوند، آبی را مبتلا به اوتریفیکاسیون گویند که انباشتگی کودهای محلول مخصوصاً فسفر و نیتروژن باعث تغییررنگ و طعم آن شده، رشد گیاهان آبی آن زیاد و در نتیجهٔ مصرف اکسیژن توسط جانداران موجود، کمبود اکسیژن پیش آمده و جانوران می‌میرند و در اثر رسوب‌گذاری تبدیل به باطلاق و نهایتاً خشک می‌گردد.

Eutrophic lake

دریاچه دارای میزان بالایی از چرخه مواد غذایی و سطح تولید بیولوژیکی بالا

Evaporation

تعرق، خروج آب از گیاه به صورت بخار از طریق روزنه‌های هوایی گیاه.

Evapotranspiration

تبخیر و تعرق، کل آب خروجی به صورت بخار از طریق روزنه‌های هوایی گیاه و نیز تبخیر از سطوح مختلف مثل سطح آب و خاک و غیره.

Evolution

تکامل، تغییرات درازمدت اکوسیستم، تغییراتی که در طی میلیون‌ها سال اتفاق افتاده‌اند.

Exocrine

رجوع شود به Ectocrine

Exotic

غیربومی، خارجی

Exotic species

گونه غیربومی، گونه‌ای که بومی منطقهٔ جغرافیایی خاصی نیست و معمولاً از کشور یا قارهٔ دیگری به آنجا آمده است.

Exponential (Geometric) growth

افزایش به صورت درصد ثابتی از کل در یک دورهٔ زمانی مشخص

Exponential growth law

قانون رشد توانی

Extinction

انقراض، فرایندی که گونه موجود زنده نابود می‌شود.

F

Facultative

اختیاری

Facultative agents

عوامل وابسته به تراکم، عواملی که میزان اثرشان به تراکم نیز بستگی دارد.

Environmental biology

زیست‌شناسی محیط

Environmental conservation

حفاظت محیط زیست

Environmental protection

حفاظت محیط زیست

Environmental preservation

حفاظت محیط زیست

Environmental resistance

مقاومت محیطی، مجموعه عواملی که مانع رسیدن جمعیت به حد پتانسیل زیستی می‌شوند.

Environmental stability

ثبات محیطی

Environmental stress

تنش محیطی، تغییرات محیطی که اثرات معکوسی بر موجودات زنده داشته باشند.

Epidemiology

علمی است که راجع به بیماری‌های همه گیر و چگونگی شیوع بیماری‌ها بحث می‌کند.

Epilimnon

لایه گرم نسبتاً کم تراکم بالای آب در یک دریاچهٔ مطبق

Epiplagic

اشکوب فوقانی کاملاً روشن دریا

Epiphyte

گیاه هوازی که بر روی گیاه دیگر می‌روید اما انگل آن گیاه نمی‌باشد.

Equilibrium

تعادل، حالتی که در آن میزان زاد و ولد برابر با میزان مرگ‌ومیر، میزان مهاجرت به خارج معادل با میزان مهاجرت به داخل و میزان انرژی ورودی برابر با میزان انرژی خروجی باشد.

Erosion

فرسایش، شکستن مواد پوسته زمین به وسیلهٔ فرایندهای فیزیکی و شیمیایی مختلف و انتقال آنها به وسیله باد، آب و یخ متحرک.

فرار از خشکی، مکانیسمی است که بعضی از موجودات زنده مناطق خشک دارند و سعی می‌کنند چرخه زندگی‌شان را طوری کامل نمایند که در خشکی واقع نشوند.

Esclavagism

سیستم زندگی برده‌داری

Essential amino acids

اسید آمینه‌های ضروری، اسید آمینه‌های لازم برای بدن موجود زنده که نمی‌توانند به وسیله خود موجود زنده ساخته شوند.

Estuarine ecology

اکولوژی مصب رودخانه، اکولوژی خلیج

Estuarine ecosystem

اکوسیستم خلیجی

Estuary

بخشی از دریا که در آن آب شیرین و آب شور مخلوط می‌شوند، خلیج

Ethology

مطالعهٔ عمل، علت و تکامل رفتار

Etiation

اتیوله شدن، درازشدن، پدیده‌ای که در اثر رشد گیاهان سبز در تاریکی روی می‌دهد. این گیاهان بعلت فقدان کلروفیل، رنگ زرد کم‌رنگی داشته و ساقه‌هایشان به علت رشد غیرطبیعی دارای میان‌گره‌های بیش از حد عادی بزرگ شده و دارای برگ‌های کوچکتر از معمول می‌باشند.

Euphotic zone

لایه سطحی آب که در آن فوسنتز انجام می‌شود.

Eury

Fossil fuels

سوخت‌های فسیلی، بقایای عوامل گیاهی یا جانوری که به‌صورت زغال سنگ، روغن و گازهای طبیعی درآمده‌اند.

Frequency

فرکانس، تعداد امواج در ثانیه، فراوانی

Frequency distribution

توزیع فراوانی

Friction head

بار اصطکاکی

Fugitive

بی‌دوام

Fugitive species

گونه‌های گیاهی یا جانوری با توانایی پراکندگی بالا که به‌سرعت مناطق خالی را اشغال می‌کنند، گونه‌های خاص بسترهای موقتی

Fundamental niche

نیچ یا آشیانه واقعی، نیچی که در شرایط واقعی موجود به‌وسیله موجود زنده اشغال‌شده و گونه‌های موجود در کنار هم رقابتی با هم نداشته باشند.

Fungicide

قارچ‌کش، مواد شیمیایی که برای قارچ‌ها سمی و کشنده هستند.

G**Gale**

تند باد، وزش شدید هوا به‌ویژه در دریا، این بادها در خشکی با گرد و غبار و ماسه همراه است.

Gall

گال، رشد غیرطبیعی در گیاه که عموماً در اثر حملهٔ یک انگل به‌وجود می‌آید.

Gamma ray

اشعهٔ گاما، اشعهٔ با انرژی زیاد که به‌وسیله مواد رادیو اکتیو خاصی تشعشع شده و قدرت نفوذ زیادی دارد.

Gap phase

بخشی از جایگزینی چرخه‌ای در جنگل‌ها که به‌وسیلهٔ کاهش کانوپی درختان شروع می‌شود.

Gaseous cycle

چرخه‌های گازی، چرخه‌های عناصر گازی

Gasification

گازی‌شدن، فرایندهای شیمیایی یا گرمایی که طی آن ماده‌ای به گاز تبدیل می‌شود.

Gasohol

سوختی شامل مخلوط بنزین و الکل

Genecology

اکولوژی ژن‌ها، بررسی ژنتیک جمعیت در ارتباط با شرایط بستر زیست

Gene flow

جریان ژنی، پخش ژن‌ها از یک جمعیت ژنی به توده دیگر توسط عمل مهاجرت که ممکن است باعث تغییراتی در فراوانی ژنی گردد.

Gene pool

استخر ژنی، مجموعه ژنی، خواص کل ژنتیکی یک جمعیت، مجموعه تمامی ژن‌های یک جمعیت

Genetic drift

تغییر در فراوانی ژنی در یک جمعیت

Genetic equilibrium

توازن ژنی، وضعیتی در یک گروه یا جمعیت از افرادی که در داخل خود تلاقی و تولیدمثل می‌کنند و در آنها فراوانی ژنی مشخص ثابت باقی مانده و در نسل‌های بعدی ادامه می‌یابد.

Genetic feedback

مکانیسم فیدبکی ژنتیکی

Facultative parasite

انگل اختیاری، به جاندارانی گفته می‌شود که زمانی به حالت انگل و زمانی به حالت آزاد زندگی می‌نمایند.

Fall turnover

یک فرایند مخلوط‌شدن است که در پاییز در دریاچه‌های مطابق اتفاق می‌افتد و در نتیجه آن، لایه آب سطحی با لایه آب عمقی مخلوط می‌شود.

Fauna

فون، مجموعه جانوران یک منطقه را فون آن منطقه می‌گویند.

Fecundity

قدرت تولیدمثل، میزان تولیدمثل بالقوه

Feedback

فیدبک یا پس‌خور، فیدبک مداری است که از صادرات سیستم استفاده می‌شود برای اینکه واردات سیستم و در نتیجه صادرات آینده سیستم کنترل شوند.

Feral

وحشی

Fermentation

تخمیر، فرایند بیولوژیکی که به‌وسیلهٔ آن مواد آلی به‌وسیله میکرو ارگانیسم‌ها به اجزای ساده‌تری شکسته می‌شوند؛ نوعی تنفس است که در آن هیدروژن آزادشده طی مراحل ابتدایی در غیاب اکسیژن با اسید پیروویک ترکیب شده و الکل و مواد دیگری تولید می‌کند.

Fertile land**Fertility**

باروری، میزان تولیدمثل واقعی جمعیت در شرایط موجود

Flora

فلور، مجموعه گل‌ها و گیاهان یک منطقه را فلور آن منطقه می‌گویند.

Floristics

بررسی و مطالعهٔ ترکیب پوشش‌های گیاهی در سطح گونه‌های موجود در آن رویشگاه

Fluctuation

نوسان، تغییر معمولاً موقتی در ترکیب یا ساختمان اجتماع که در اثر یک تغییر محیطی ایجاد می‌شود.

Flux rate

میزان جریان، مقدار و کمیت یک عنصر که در واحد زمان و در واحد سطح از یک مخزن به مخزن دیگر منتقل می‌شود.

Food chain

زنجیره غذایی، مجاری سیر انرژی به‌صورت غذا

Food gathering

خوراک‌آوری، جمع‌آوری غذا

Food production

تولید غذا

Food pyramid

هرم غذایی

Food web

شبکه غذایی، طرح پیوند زنجیره‌های غذایی در یک اکوسیستم

Forb

علف غیر چمنی

Forest ecology

اکولوژی جنگل

Forest edge

حاشیه جنگل، ویژگی ساختمان گیاهی حاشیه یک جنگل

Forestry

جنگلداری

Formation

جوامع کلیماکس گیاهی که در مناطق وسیعی به‌طور طبیعی گسترده شده‌اند مانند توندرا و غیره.

Gross production

تولید ناخالص، تولید قبل از اینکه تنفس را کم کنیم.

Ground fires

آتش‌سوزی‌های زمینی، آتش‌سوزی‌هایی که در خاک سطح‌الارض و قسمتی از عمق خاک اتفاق افتاده و معمولاً فاقد شعله‌اند.

Ground subsidence

نشست کردن زمین

Groundwater reservoir

منابع آب‌های شیرین زیرزمینی قابل استخراج

Growth forms

فرم رشد، گروه‌های مورفولوژیکی گیاهان مانند درختان، درختچه‌ای‌ها و غیره

Growth rate

نرخ رشد

Guild

گروهی از گونه‌ها که منبع مشترکی (نیچ مشترک) در یک جامعه دارند.

Gust

تندباد

Gypso- halophytes

گیاهانی که شوری‌پسند و گچ‌دوست هستند.

H**Habitat**

بوم، زیستگاه، بستر فعالیت‌های زیستی، محیط زیست، مکانی با ویژگی‌های محیطی مشخصی که موجودات در آن سکنی گزیده‌اند.

Habitat island

قطعه مشخص‌شده‌ای از یک بستر زیست خاص

Half- life

نیمه‌عمر، مدت‌زمان موردنیاز برای اینکه عنصر رادیواکتیو به نصف کاهش پیدا کند.

Halophytes

هالوفیت‌ها، گیاهان شورپسند

Hardening

مقاوم کردن، اعمالی که توسط آنها بافت‌های گیاه نسبت به عوامل نامساعد مقاومتر می‌گردند. این عمل بیشتر در مورد سرما به‌کار می‌رود، بدین ترتیب که با در معرض سرما گذاردن و کم کردن رشد رویشی گیاه در خزانه مقاومت درمقابل سرما را افزایش می‌دهند.

Harpactophagae

حیوانی که از حشرات شکارچی و گوشتخوار تغذیه می‌کند.

Heat of fusion

مقدار گرمای موردنیاز برای اینکه یک گرم ماده از حالت جامد به‌حالت مایع تبدیل می‌شود.

Heat of vaporization

مقدار گرمای موردنیاز برای تبدیل یک گرم ماده از حالت مایع به‌حالت گاز در نقطه‌جوش ماده.

Heliophytes (syn: sun- plants)

گیاهان آفتاب‌دوست، گیاهانی که برای حیات به شدت‌های بالای نور سازگاری پیدا کرده‌اند.

Hemicriptophytes (syn: hemigeophytes)

همی‌کریپتوفیت یا همی‌ژئوفیت‌ها گیاهانی که جوانه انتهایی‌شان درست در سطح خاک قرار گرفته و بقایای گیاهی و گاهی برف نقش عایق دربرابر سرما دارند.

Hemigeophytes

همی‌ژئوفیت‌ها یا همی‌کریپتوفیت (مراجعه به: همی‌کریپتوفیت‌ها).

Genetic make-up

اطلاعات ژنتیکی یک فرد

Genotype

ژنوتیپ، کل ساختار ژنتیکی یک موجود زنده

Geographic range

محدوده جغرافیایی، ناحیه‌ای از سطح زمین که به‌وسیله یک جمعیت اشغال شده است.

Geophytes (syn: cryptophytes)

ژئوفیت‌ها یا کریپتوفیت‌ها، گیاهانی که جوانه انتهایی‌شان در داخل خاک قرار گرفته و خاک نقش عایق دربرابر سرما را دارد.

Geothermal energy

انرژی زمین گرمایی، انرژی گرمایی حاصل از داخل زمین

Global-scale circulation

بزرگ‌ترین مقیاس حرکت اتمسفر که شامل سیستم‌های بادی که در جریان هستند می‌باشند.

Global stability

ثبات جهانی، توانایی تحمل و تأثیرناپذیری

Gondwanaland

چقاره بزرگ جنوبی که در حدود ۲۰۰ میلیون سال پیش به قطعاتی تقسیم شده است. شیب

Gradient**Gradocoen**

کل عواملی که یک جمعیت را موردتهاجم قرار می‌دهند شامل عوامل زنده و غیرزنده.

Grass ecology**Grass land**

چمنزار، علفزار، پوشش گیاهی طبیعی که می‌تواند شامل گیاهان علفی غیرچمنی مانند بقولات نیز باشد.

Grazing food chain

زنجیره غذایی چرا، زنجیره غذایی اصلی که از گیاه سبز شروع و به گیاهخواران و سپس گوشتخواران می‌رسد.

Grazing food web

شبکه غذایی چرا، یک شبکه غذایی که علفخواران از گیاهان تغذیه می‌کنند.

Green belt**Green house effect**

اثر گلخانه‌ای، دربرابر امواج مرئی که از خورشید می‌آیند شیشه شفاف است یعنی اجازه عبور این امواج را می‌دهد. اما به انرژی‌های با طول‌موج‌های بلند مانند مادون قرمز که از سطح خاک منعکس می‌شود شیشه اجازه عبور نمی‌دهد و چون این امواج گرمایی هستند در نتیجه شیشه بدین طریق باعث افزایش دمای محیط می‌گردد که به این خاصیت اثر گلخانه‌ای می‌گویند. بخار آب و دی‌اکسید کربن و برخی از گازهای دیگر نیز مانند شیشه عمل می‌کنند و جزء گازهای دارای اثر گلخانه‌ای هستند.

Green revolution

انقلاب سبز، اصطلاحی مورد توجه برای افزایش عملکرد محصول در هکتار که همراه است با معرفی ارقام جدید گیاهان، بهبود خاک، آب و مدیریت آفات.

Gross energy intake

انرژی ناخالص جذب‌شده

Gross national production (GNP)

تولید ناخالص ملی

Gross primary production (GPP)

تولید ناخالص اولیه، مقدار کل مواد آلی که تولیدکنندگان یک اکوسیستم در یک دوره اندازه‌گیری، می‌سازند.

کلونیدی، بی‌شکل که نتیجه تجزیه مواد آلی مقاومتر در کوتاه‌مدت هستند.

Hunter

شکارچی

Hydric

مرطوب

Hydrologic cycle

چرخه هیدرولیکی یا چرخه آب

Hydrophile

هیدروفیل یا جانوران آبی، جانورانی که حداقل قسمتی از اندام‌هایشان یا قسمتی از مراحل رشدشان را داخل آب سپری می‌کنند.

Hydrophyte

هیدروفیت‌ها یا گیاهان آبی، گیاهانی که حداقل قسمتی از اندام‌هایشان و یا قسمتی از مراحل رشدشان را داخل آب سپری می‌کنند و آب به‌عنوان عایقی در برابر سرما عمل می‌کند.

Hydroponics

هیدروپونیک، کاشت گیاهان در محلول‌های غذایی یا در محیط‌های آبی.

Hydrosere

هیدروسر، توالی که در آب شروع شود، کلیه جوامعی که در جریان توالی اکولوژیکی در آب به‌وجود می‌آیند.

Hydrosphere

هیدروسفر، آب‌سپهر، کره آب

Hydrotropism

آبرگرایی، نوعی گرایش که در آن عامل محرک، آب یا رطوبت است و جاندار به‌طرف آب متمایل می‌شود.

Hygrophile

هیگروفیل‌ها، جانوران رطوبت‌پسند، جانورانی که به رطوبت زیاد نیاز دارند.

Hygrophytes

هیگروفیت‌ها، گیاهان رطوبت‌پسند، گیاهانی که به رطوبت زیاد نیاز دارند.

Hygroscopic

داشتن تمایل به جذب مولکول‌های آب

Hyperparasite

آبرانگل، موجودی که به‌طور برونی یا درونی انگل موجود می‌شود که خود آن موجود نیز انگل موجودی دیگر است.

Hypolimnion

لایه عمقی نسبتاً متراکم سرد آب در دریاچه مطبق، این ناحیه کم‌نور یا بدون نور می‌باشد که در آن حرارت به آهستگی و کندی به‌سمت کف دریاچه کاهش می‌یابد. در این ناحیه تراکم اکسیژن کم ولی مقدار گاز کربنیک زیاد می‌باشد.

I

Imigration

مهاجرت به‌داخل

Immobilization

غیرمتحرک‌شدن، باز ایستادن، بی‌حرکت‌شدن

Importance value

جمع تراکم نسبی غالبیت نسبی و فراوانی نسبی برای یک گونه در جامعه، که درجه‌ای از ۰ تا ۳۰۰ دارد. هرچه عدد آن بزرگتر، گونه غالبیت بیشتری در جامعه دارد.

Index of dominance

شاخص غالبیت، شاخصی برای بیان و مقایسه جوامع از نظر چگونگی توزیع غالبیت.

Index of similarity

شاخص تشابه، نسبت تعداد گونه مشترک موجود در هر دو جامعه به کل تعداد گونه‌هایی که در هر دو جامعه وجود دارند.

Hemimetabole

دگردیسی ناقص، نوزاد خارج‌شده از تخم از نظر شکل کلی به حشره بالغ شبیه بوده و پس از چندین پوست اندازی برخی از اعضا که در ابتدا وجود نداشتند (مثل بال‌ها و قسمت‌های خارجی دستگاه تناسلی) به‌وجود می‌آیند.

Herb

علف، گیاهان کوتاه‌قدی که فاقد بافت‌های چوبی و سخت هستند.

Herbicide

علف‌کش، ماده شیمیایی که علف‌های هرز را از بین می‌برد.

Herbivores

علفخواران، گیاهخواران

Herbivorous

گیاهخوار، علفخوار

Herpetofauna

خزندگان و دوزیستان

Heterogeneity

عدم‌تجانس

Heterotroph

هتروتروف، موجودی که قادر به ساختن مواد آلی موردنیازش نبوده و از مواد آلی ساخته‌شده توسط تولیدکنندگان مصرف می‌کند.

Hibernation

خواب زمستانه، حالتی که برخی از جانوران در طی دوره سرما به خواب می‌روند.

H- index

شاخص اچ بار، شاخص شانون

Holometabole

دگردیسی کامل، نوزاد خارج‌شده از تخم به حشره کامل شباهت نداشته و تا رسیدن به حشره کامل مراحلی مانند لاروی و شفیره‌گی را می‌گذراند.

Holozoic

موجودی که با تغذیه موجودات دیگر و یا مواد آلی ساخته‌شده توسط آنها زندگی می‌کند.

Homeostasis

هوموستازسی به معنای ثبات به حالتی گفته می‌شود که در آن سیستم‌های زنده در برابر تغییرات ایستادگی می‌کنند و به‌سوی تعادل پیش می‌روند.

Homeothermic (syn: warm blooded animal)

خونگرم، جانورانی که درجه‌حرارت بدنشان با تغییر درجه‌حرارت محیط تغییر نمی‌کند بلکه سرعت متابولیسم مواد آلی تنظیم‌کننده دمای بدنشان است.

Home range

محدوده خانه، محدوده خاصی که توسط زوج‌ها و افراد یک گروه خانوادگی فعالیت در آنجا صورت می‌گیرد.

Homochromy

هم‌رنگی، حالتی که رنگ جلد بدن حیوان می‌تواند با رنگ اجسام موجود در اطراف آن هماهنگی پیدا کند.

Homomorphy

هم‌شکلی، حالتی که حشره دارای تطابق شکل و نقش و نگار با محیط زندگی باشد.

Host

میزبان، موجودی که موجودات دیگر را تغذیه می‌کند.

Human ecology

اکولوژی انسانی

Humic substances (syn: humus)

مواد هوموسی یا هوموس

Humus (syn: humic substances)

هوموس، مواد آلی تجزیه‌نشده خاک، مواد قهوه‌ای‌رنگ با خاصیت

Ionosphere

یونسفر، یون کره، بخشی از کره‌هوا که گازها، به‌صورت یون می‌باشند.

Irritability

قابلیت تأثیر، تحریک‌پذیری، پاسخ موجودات زنده به تغییرات محیطی که نتیجه‌ای از سازگاری با محیط می‌باشد مانند تغییر فشار اسمزی سلول، حرکات سیتوپلاسمی و گرایش گیاهان.

Isotherm

خط هم‌دما، خطی که نقاطی را که دارای درجه‌حرارت یکسانی در زمان خاصی یا در دروه خاصی هستند به هم وصل می‌کند.

J- shaped growth form

فرم رشد J شکل، فرم رشدی که در آن تراکم جمعیت به‌سرعت و به‌طور تصاعدی افزایش می‌یابد تا اینکه گنجایش محیطی اجازه افزایش جمعیت را نداده و تراکم به حداکثر می‌رسد و در نتیجه افزایش جمعیت متوقف شده و بالاخره جمعیت به‌دلیل گرسنگی و عدم وجود امکانات محیط به‌سرعت کاهش می‌یابد.

K**Keystone species**

گونه‌هایی در یک اجتماع که جابه‌جایی‌شان تغییر فاجعه‌آمیز در ترکیب و ساختمان بقیه اجتماع به‌وجود می‌آورد.

k- selected

انتخاب استراتژی K، تولید نسبتاً کم بذر بزرگ با قدرت پراکندگی کم و توانایی رقابتی زیاد، این استراتژی برای مناطق باثبات مناسب است.

L**Lake or pond ecology**

اکولوژی دریاچه و استخر

Landscape

چشم‌انداز، نمای زمین

Landscape architecture

معماری طبیعت

Landscape ecology

اکولوژی فضای سبز

Landscape evolution

تکامل یا توسعه تدریجی نمای زمین در پاسخ به هواپدیدگی، فرسایش و تنش‌های ناشی از درون زمین

Lapse rate

آهنگ کاهش

Lapse time

زمان کاهش

Late annual

گیاهان یک‌ساله دیر رس

Latent heat

گرمای نهان، گرمای موجود یا رهاشده در طی تغییر حالت آب

Latent heat transfer

انتقال انرژی گرمایی حاصل از تغییر حالت آب، از یک مکان به مکان دیگر

Law of limiting factors

قانون عوامل محدودکننده، اصلی که براساس آن برای هر عامل فیزیکی محیط یک حد ماکزیمم و یک حد می‌نیمم وجود دارد و بالاتر از این حد ماکزیمم پایین‌تر از این حد می‌نیمم افراد نمی‌توانند بقا یابند.

Leaf area index (LAI)

شاخص سطح برگ، سطح برگ به سطح زمینی که توسط برگ‌ها پوشیده شده است.

LD 50

دوز کشنده، مقدار ماده سمی که می‌تواند ۵۰٪ افراد یک جمعیت مورد آزمایش را از بین ببرد.

Indicator species

گونه شاخص یا نشانگر، یک فرم یا گونه موجود زنده‌ای است که نشانگر شرایط محیطی خاصی باشد.

Indifferent species

گونه‌هایی که در چند جامعه مشاهده می‌شوند و نمی‌توانند گونه خوبی برای طبقه‌بندی جامعه باشند.

Inertia

بقا، ماندگاری

Infestation

آلودگی، آلودگی به انگل، عفونت انگلی

Infiltration

نفوذ آب سطحی در لایه‌های خاک و سنگ

Infrared radiation

اشعه مادون قرمز، تشعشع مرئی که دارای طول‌موج‌های بلندتری از امواج قرمز بوده و گرمایی هستند.

Inhibitory

اثر بازدارندگی

Innate capacity for increase (rm)

شاخصی از میزان افزایش جمعیت در تحت شرایط کنترل‌شده.

Inorganic fertilizer

مواد غذایی موردنیاز گیاهان که از مواد معدنی (مثل فسفر و پتاسیم) و یا از گازهای طبیعی (مثل آمونیوم) به‌دست می‌آیند.

Input

داده، ورودی، هزینه

Input energy

انرژی ورودی، انرژی مصرفی

Insecticide

حشره‌کش، ماده شیمیایی که حشرات را از بین می‌برد.

Insight learning

توانایی پاسخ صحیح به‌طور سریع به وضعیت جدید

Instantaneous coefficient of population growth

ضریب لحظه‌ای رشد جمعیت

Integrated pest management

مدیریت تلفیقی آفات، کاربرد روش‌های مختلف کنترل آفات برای کنترل برخی از آفات.

Integration

یکپارچگی

Interaction

کنش متقابل، تداخل عمل

Interplant competition

رقابت درون یک گیاه، رقابت بین اندام‌های مختلف یک گیاه

Interspecific competition

رقابت درون گونه‌ای رقابتی که بین افراد یک گونه برای کسب منابع محدود وجود دارد.

International disparities

نابرابری بین‌المللی

Interference

تداخل، اثرات متقابلی که موجودات زنده مجاور بر روی هم دارند.

Interplant competition

رقابت بین گیاهان یک گونه

Interspecific competition

رقابت بین گونه‌ای، رقابتی که بین افراد گونه‌های مختلف برای کسب منابع محدود وجود دارد.

Intertidal zone

منطقه جزرومدی، فاصله بین مرز مد بالا تا مرز جزر پایین هنگام جزرومد در بهار

Intrinsic rate of natural increase

نرخ ذاتی رشد جمعیت

Inversion

وارونگی، اینورسیون

Logistic curve

منحنی لجستیک، منحنی S - شکل سیگموئید رشد جمعیت، الگوی رشدی است که در ابتدا رشد آهسته، سپس تند و در حد لگاریتمی و با کاهش ظرفیت محیطی و افزایش مقاومت محیطی به تدریج رشد کند شده تا اینکه مرحله تعادل فرا رسیده و ثابت باقی می ماند.

Logistic equation

مدل رشد جمعیت که بر اساس منحنی S شکل توصیف می شود.

Logistic – type model

نوعی مدل اپتیم عملکرد که عملکرد از یک تابع توصیفی کلی رشد جمعیت پیش بینی می شود.

Log-normal distribution

توزیع فراوانی وفور گونه ها، که محور Xها در مقیاس لگاریتمی بیان شده، محور Yها تعداد افراد موجود در نمونه و محور Yها تعداد گونه ها می باشند.

Long-day plant

گیاهان روزبلند، گیاهانی که برای گلدهی نیاز به طول روزهای بلندتر از یک حد بحرانی دارند.

Longevity

طول عمر

Loss rate

اصطلاح عمومی برای توصیف میزان کاهش افراد در جمعیت از طریق مرگ و میر و مهاجرت به خارج می باشد

Lotic water

آب روان

Lower asymptote level

سطح مجانب پایینی یا حد پایینی، حداقل تعداد موجود زنده مورد نیاز برای تولید مثل جهت جبران مرگ و میر جمعیت.

M**Macroconsumer (syn: biophage)**

مصرف کنندگان بزرگ یا کلان، جانورانی که موجودات زنده دیگر یا مواد آلی ریز دیگر را می بلعند.

Macroecosystem

ماکرواکوسیستم، اکوسیستم بزرگ، اکوسیستم کلان (مانند اقیانوس ها)

Macronutrients

عناصر غذایی ماکرو، عناصر غذایی پر مصرف

Macrophagus

بزرگ خواری، سلول های زنده آزاد ویژه ای که همانند کیسه هوایی، ذرات خارجی را گرفته و هضم می نمایند.

Maintenance to structure ratio (R/B)

نسبت نگهداری به ساخت، نسبت بین مجموع تنفس جامعه به مجموع وزن زنده جامعه در اکوسیستم

Mangrove forest

جنگل ماندابی، جنگل مردابی

Marine ecology

اکولوژی دریا

Marine climate

اقلیم اقیانوسی

Marine habitat

بستر اقیانوسی

Marking – recapture method

(syn: capture-recapture method)

روش علامت گذاری و بازگیری مجدد، روشی برای تعیین تراکم جمعیت که در آن نمونه ای از جمعیت را می گیرند و علامت گذاری نموده و رها می کنند سپس نسبت افراد علامت گذاری شده را در نمونه گیری مجدد به دست می آورند و ملاک بر آورد جمعیت قرار می دهند.

Leachate

آب حاصل از آبشویی که معمولاً دارای درصد مواد محلول بالایی می باشد.

Leaching

آبشویی، جدا کردن املاح معدنی از خاک به وسیله آبی که در خاک جریان دارد.

Leanear (arithmetic) growth

رشد خطی (حسابی)، افزایش یک مقدار ثابت در فواصل زمان معین

Lentic waters

آب های راکد

Lequefied natural gas

گاز طبیعی مایع، گاز طبیعی که به وسیله سرد کردن تا ۱۶۲ - درجه سانتیگراد (۲۵۹ - درجه فارنهایت) مایع شده و در نتیجه حجم نرمال آن تا ۱/۶۰۰ کاهش می یابد.

Life expectancy

امید یا انتظار زندگی، شانس بقا

Life form of plants

فرم های حیات گیاهان

Life table

جدول عمر یا جدول حیات، جدولی که بر اساس میزان مرگ و میر در یک جمعیت رسم می شود.

Liebig low of minimum

قانون می نیم لیبیک، طبق این قانون، رشد گیاهان در هر جایی به وسیله آن عنصری محدود می شود که مقدارش در حداقل است.

Liegnite

لیگنیت

Light and dark bottle technique

روش بطری، روشن و تاریک، روشی است برای اندازه گیری اکسیژن برای بر آورد میزان تولید اکوسیستم.

Light saturation level

سطح اشباع نوری، سطحی است که افزایش شدت نور بیش از آن سطح تأثیری بر راندمان فتوسنتز ندارد.

Liman

مرداب

Limiting factors

عوامل محدود کننده، آن دسته از عواملی که توزیع یا فراوانی جمعیت ها را یا به طور کلی موجودیت آنها را در مناطق مختلف کره زمین کنترل می کنند.

Limit of tolerance

دامنه بردباری، حد بین می نیم بردباری و ماکزیم بردباری نسبت به یک عامل محیطی

Limonitic

دریاچه ای

Limnology

لیمنولوژی، اکولوژی آب های شیرین، دریاچه شناسی

Lindemans efficiency

راندمان لیندمن

Lithosphere

خاک سپهر، سنگ کره، کره خاک

Litter

لایه رویی خاک جنگل که اندکی تجزیه شده باشد.

Littoral

مناطق کم عمق دریاچه یا دریا که نور تا کف آن نفوذ کرده و اغلب به وسیله گیاهان آبی ریشه دار اشغال می شود، از سطح آب تا حدود اعماق شش متری.

Living environment

محیط زنده، جاندارن محیط

Local stability

ثبات محلی

Mild subtropic zone	منطقه نیمه‌جلگه‌ای معتدل
Minimum mortality	مرگ‌ومیر حداقل
Minimum tillage	شخم حداقل، کاهش عمل شخم تا حد ممکن
Monoclimax theory	نظریه منوکلیماکس، بر اساس این نظریه در هر منطقه نهایتاً یک جامعه متناسب با عوامل محیطی منطقه به‌وجود می‌آید.
Monoculture	تک‌کشتی، کات تنها یک محصول زراعی
Monozoneal	یک منطقه‌ای، مانند دریاچه‌ها و برکه‌هایی که دارای یک منطقه باشند.
Moor	منطقه‌ای باز یا بدون درختی که بوته‌ای‌ها و علف‌های چمنی غالب هستند.
Moraine	توده‌ای از باقیمانده صخره‌هایی که در حاشیه‌های یخچال انباشته شده است.
Morass	گل آب
Morbidity rate	نرخ بیماری
Morphology	مطالعهٔ فرم، ساختار و توسعهٔ موجودات زنده
Multivoltine	موجود زنده‌ای که در یک فصل چند نسل دارد.
Mortality	مرگ‌ومیر
Mortality rate	نرخ مرگ‌ومیر، تغییرات تعداد افراد یک جمعیت که بخاطر مرگ‌ومیر در یک دورهٔ معین صورت می‌گیرد.
Mutagen	مادهٔ شیمیایی یا عامل فیزیکی (مانند اشعه) که قادر به ایجاد تغییر ژنتیکی باشد.
Mutation	موتاسیون، جهش، تغییر یا جابه‌جایی ژن یا ژن‌ها
Mutualism	موجوالیسم یا زندگی تعاونی، به نوعی زندگی اشتراکی گفته می‌شود که در آن هر دو گونه از زندگی اشتراکی سود می‌برند و در صورت تنه‌بودن متحمل خسارت‌شده یا اینکه زندگی برای‌شان غیرممکن می‌شود.

Mycorrhiza
میکوریزا، به همزیستی بین ریشه بعضی از گیاهان با بعضی از قارچهای گفته می‌شود، به‌عبارت دیگر قارچ‌های خاکری هستند که در آنها قسمتی از پیکرشان وارد ریشه گیاه شده و قسمتی در خاک باقی می‌ماند. این همزیستی برای قارچ و گیاه مفید است.

N

Nanometer	نانومتر، 10^{-9} متر
Nanoplankton	پلانکتون‌های خیلی ریز
Natality	زاد و ولد
Natural adaptation	انطباق طبیعی، بومی شدن
Natural biotic area	منطقه زیستی طبیعی
Natural ecosystem	اکوسیستم طبیعی
Natural resources	منابع طبیعی

Marsh	مرداب، باتلاق
Marsh gas	گاز مرداب
Marsh or wetland ecology	اکولوژی مرداب یا اراضی مرطوب
Mass production	تولید انبوه
Mathematic or statistically ecology	اکولوژی آماری یا ریاضی
Maturity	بلوغ
Maximum natality	حداکثر زاد و ولد
Meadow	مرغزار
Mediterranean climate	اقلیم مدیترانه‌ای، رژیم آب‌وهوایی که دارای شرایط سرد و مرطوب همراه با تابستان‌های گرم و خشک باشد.
Medium forest belt	کمربند جنگلی میانه
Megafauna	حیوانات بزرگ، مخصوصاً حیوانات خزنده بزرگ، پرندگان و پستانداران موجود در دورهٔ پلیستوسن
Merological	جزء‌نگرها، مطالعه اجزای سیستم برای شناخت کل آن
Mesic	رطوبت متوسط، شرایط رطوبتی متوسط
Mesoecosystem	مزاوکوسیستم، اکوسیستم متوسط (مانند جنگل، مرتع، برکه و غیره)
Mesology	فراپوشناسی
Mesophile	مزوفیل‌ها، جانداران با نیاز متوسط به آب
Mesophyte	مزوفیت‌ها، گیاهان با نیاز متوسط به آب
Mesoplagic	اشکوب میانی دریا
Metazoa	جانوران پرسلولی
Meteorology	هواشناسی
Microclimate	خرداقلیم
Microconsumers	مصرف‌کنندگان کوچک یا خرد، موجوداتی که کار تبدیل مواد آلی به مواد معدنی را انجام می‌دهند.
Microcosm	اکوسیستم کوچک
Microecosystem	میکرواکوسیستم، اکوسیستم کوچک (مانند یک کرت آزمایشی، یک اکواریوم و غیره)
	عناصر غذایی میکرو، عناصر غذایی کم‌مصرف
Micronutrients (syn: trace nutrients)	موجود زندهٔ ریزخوار، ریزه‌خواران
Microphagous	امواج میکرو، فرم انرژی الکترومغناطییک با طول‌موجی نسبتاً بلند که بین امواج مادون قرمز و رادیویی قرار دارند.
Microwaves	توالی میانه
Middle succession	رفت‌وآمد، مهاجرت، تحرک و انتقال افراد یا گروههایی از یک جمعیت به جمعیتی دیگر که نتیجهٔ آن انتقال مواد ژنتیکی است که ممکن است فراوانی ژنی جمعیت مهاجرپذیر را تغییر دهد. حرکت فصلی شامل ترک کردن یک ناحیه و بازگشت به آن
Mild stepic zone	منطقهٔ جلگه‌ای معتدل

O

Obligate اجباری، محدود به یک روش زندگی یا یک عمل خاص

Obligate predator or parasite

صیاد یا انگل اجباری، موجودی که فقط به صورت صیادی، انگلی می تواند زندگی کند و نمی تواند بدون صید و انگل میزبان زندگی کند.

Oceanic

دریایی، موجوداتی که در اعماق بیش از ۲۰۰ متری دریا به سر می برد

Oceanic zone

ناحیه اقیانوسی باز

Oceanography

اکولوژی اقیانوس ها

Ocean thermal energy conversion

فرایندی که بر اساس اختلاف درجه حرارت در آب اقیانوس انرژی تولید می شود.

Oil shale

رسوبات صدفی حاوی مواد آلی که می توان با گرمادادن آنها روغن تولید نمود.

Old field

اراضی زراعی رها شده

Old growth

مرتبط با جنگل هایی که برای ده ها سال یا قرن ها قطع نشده اند (مربوط به نوعی جنگل خاص).

Oligochaetes

هر رده یا طبقه از موجودات خشکی یا آبی هرما فردست که فاقد سر مشخصی هستند، شامل کرم خاکی نیز می باشند.

Oligotrophic lake

دریاچه های با میزان چرخه مواد غذایی کم و سطح پایین تولید بیولوژیکی

Omnivores

همه چیزخوار، جانورانی که هم گیاهان و هم جانوران دیگر را می خورند.

Ontogeny

دوره زندگی یا تکامل فردی

Open space

اراضی که به وسیله ساختمان های مسکونی، مناطق طبیعی، پارک ها، و مزارع به طور پراکنده اشغال شده است

Open system

سیستم باز

Opportunism

فرصت طلب، گونه های موجود زنده ای که در شرایطی که منطقه مناسب باشد آنجا را اشغال می کنند.

Optimum yield

عملکرد اپتیمم، مقدار حداکثر بیوماس که می تواند از یک جمعیت به دست آید

Organic

آلی، موادی که به وسیله موجودات زنده تولید شده و یا مواد شیمیایی سنتزی دارای کربن

Organic deposits

رسوب های آلی

Organic farming

کشاورزی زیستی، کشاورزی که از کاربرد مواد شیمیایی مصنوعی اجتناب شده و کودهای آلی جایگزین کودهای شیمیایی شده اند.

Organic fertilizer

کود آلی، مواد غذایی گیاهی که از بقایای گیاهی و جانوری به دست آمده اند.

Natural selection

انتخاب طبیعی، انتخاب افراد شایسته توسط طبیعت

Negative feedback

فیدبک منفی، فیدبک هایی که هر گونه انحراف از نقطه تعادل را برای سیستم مانع می شوند.

Negative interference

تداخل منفی، اثرات متقابلی منفی که موجودات زنده دارند و برای همدیگر مزاحمت داشته باشند

Neritic

گیاهان و جانورانی که تا اعماق ۲۰۰ متری دریا زندگی می کنند

Neritic zone

منطقه نریتیک، فاصله حد بالای مد تا نواحی که عمق آنها ۲۰۰ متر است.

Net assimilation

جذب خالص یا فتوسنتز ظاهری

Net birth rate

نرخ خالص زاد و ولد، نرخ خالص زایش

Net community production (NCP)

تولید خالص جامعه، میزان مواد آلی که پس از تنفس کلیه موجودات زنده اکوسیستم (جامعه) در اکوسیستم باقی می ماند.

Net death rate

نرخ خالص مرگ و میر

Net energy efficiency

راندمان انرژی خالص

Net primary production (NPP)

تولید خالص اولیه، انرژی ذخیره شده بعد از تنفس گیاهان

Net production

تولید خالص

Net radiation

تابش خالص، اختلاف بین تمام تابش هایی که در بالا به طرف اکوسیستم می آیند منهای تابش هایی که به بالا منعکس می شوند.

Net reproductive rate (Ro)

نرخ تولید مثل خالص، متوسط تعداد دختران متولد شده از هر فرد ماده جمعیت، ظرفیت جمعیت برای افزایش یک نسل

گروهی از جانوران که نزدیک آب زندگی می کنند.

Neuston

Neutralism

خنثی، حالتی که موجودات زنده مجاور بر همدیگر هیچ اثر منفی یا مثبتی نداشته باشند

Niche

نیچ، آشیانه، مجموعه منابعی که تمام نیازهای یک گونه را برای حیات و تولید مثل تامین می کنند.

Nitrification

نیتریفیکاسیون، اکسید شدن آمونیوم به نیترات یا نیتريت

Nitrogen fixation

ثبیت نیتروژن، تبدیل نیتروژن اتمسفر به فرم های قابل استفاده فرایندهای بیولوژیکی (مثل آمونیوم یا نیترات)

Nocturnal

شب فعال، موجودی که در شب فعال است.

Nomadic

دارای زندگی سرگردان و بدون الگوی مشخص

Non-renewable energy

انرژی های غیر قابل تجدید همانند نفت خام و گاز طبیعی و غیره

Nuclear energy

انرژی هسته ای

Nuisance value

ارزش تهدیدی

Nutrient cycling

چرخه عناصر غذایی

Nyctinasty

واکنش گیاهان در برابر دگرگونی های دوره ای روز و شب مانند باز و بسته شدن گل ها، این واکنش به دما و شدت روشنایی مربوط می باشد.

Psaturage چرا
Pasture چراگاه، گیاهان عمده آن علف‌های چمنی بوده و دام می‌تواند وارد آن شده و چرا نماید.
Pathogen پاتوژن، عامل مولد بیماری، موجود زنده بیماری‌زا
Pattern of distribution الگوی توزیع
Peat تورب، زغال نارس (خام)، گیاهان مرده انباشته‌شده در مرداب‌ها، باتلاق‌ها که به‌علت کمبود اکسیژن به‌صورت ناقص تجربه شده‌اند و اغلب لایه‌هایی به عمق چندین متر به‌وجود می‌آورند. تورب دارای حدود ۳۰ درصد کربن است.
Podon پایین‌ترین اشکوب فون آبی پدون نامیده می‌شود که شامل تمام موجودات ساکن کف آب یا مدفون در بستر آب‌ها می‌باشند.
Podospher خاک‌سپهر، کره خاک
Pelagic دریایی، جانوران و گیاهانی که در آب دریاها و دریاچه‌ها زندگی می‌کنند. این گیاهان و جانوران به دو دسته پلانکتون و نکتون تقسیم می‌شوند.
Pelagic (open water) ocean community جامعه اقیانوسی آب‌های آزاد (پلاژیک)
Perennial چندساله، موجودات زنده‌ای که بیش از دو سال زندگی می‌کنند.
Periodic oscillations نوسانات جمعیت
Permafrost توده‌ای از یخ و خاک منجمدشده که در مناطق بسیار سرد یافت می‌شود، خاک‌هایی که دائماً یخ زده هستند.
Permeability نفوذپذیری، ظرفیت خاک یا سنگ در انتقال آب‌وهوا
Pesticides آفت‌کش، ماده شیمیایی که برای کشتن آفات استفاده می‌شود.
pH پی‌اچ. معیاری برای بیان اسیدیته یا قلئیت یک محلول، محلول با pH برابر ۷ خنثی، کوچکتر از ۷ اسیدی و بزرگتر از ۷ قلئایی است.
Phagocyte بیگانه‌خواری، سلولی که قادر است سلول بیگانه‌ای را بلعده. این اصطلاح بیشتر در مورد گلبول‌های سفید به‌کار می‌رود.
phagotrophs فاگوتروف‌ها یا مصرف‌کنندگان بزرگ، بیگانه‌خوار
Phanerophytes فانروفیت‌ها، گیاهانی که جوانه انتهایی‌شان در ارتفاع بیش از ۲۵-۳۰ سانتی‌متری سطح خاک واقع شده است.
Phenology مطالعه پدیده‌های دوره‌ای (فصلی) حیات گیاهان و جانوران و ارتباط آنها با آب‌وهوا و اقلیم (مثل گلدهی گیاهان).
Phenotype فنوتیپ، کل اختصاصات یک فرد (ظاهر آن) که نتیجه کنش متقابل ژنوتیپ و محیط است.
Pheromone فرومون، مواد شیمیایی که به‌عنوان نشانه‌ای در بین اعضای یک گونه عمل می‌کنند. مواد شیمیایی هستند که یک موجود زنده برای جلب جنس مخالف رها می‌کند.

Organic matter ماده آلی، موادی که معمولاً منشأ گیاهی یا جانوری دارند.
Origin مبدأ، خاستگاه
Organochlorines سموم آلی کلره
Ogranophosphorus compound ترکیبات آلی فسفره
Osmotrophs مصرف‌کنندگان اسمزی یا تجزیه‌کنندگان، موجوداتی که مواد آلی را تبدیل به مواد معدنی می‌کنند.
Outdoor recreation تفرج، گشت و گذار
Output خروجی، بازده، ستاده
Output energy انرژی خروجی، انرژی تولیدی
Overall index of diversity شاخص تنوع عمومی، شاخص تنوع عمومی شانون
Over crowding پر ازدحامی
Overfishing صید ماهی بیش از حدی که تولید می‌شود که نتیجه آن کاهش و درنهایت نابودی جمعیت آن گونه ماهی می‌باشد.
Over graze چرای مفرط
Ovoviviparous زنده‌زا، جانوران تخمگذاری که جنین آنها در بدن مادر رشد می‌کند، اگرچه به‌وسیله غشای تخم پوشیده شده‌اند مانند بسیاری از حشرات، مار و حلزون‌ها.
Ozone (o3) ازن، گاز اکسیژنی که در معرض تخلیه الکتریکی قرار گرفته است، عنصری که به شدت اکسید شده است.
Ozone shield لایه ازن اتمسفر که مانع رسیدن اشعه ماورای بنفش به سطح زمین می‌شود.

P

PAL سطح کنونی اکسیژن اتمسفر
Paleoecology اکولوژی دیرین، بوم‌شناسی دیرین، مطالعه عکس‌العمل‌های متقابل موجودات زنده و محیط در دوران‌های گذشته
Paludal مردابی
Panmictic population جمعیتی که در آن آمیزش‌ها به‌صورت تصادفی باشد.
Parasite انگل، پارازیت، موجودی که به‌نحوی از موجود زنده دیگر تغذیه می‌کند.
Parastism انگلی یا پارازیتی، یک موجود به‌نحوی از موجود زنده دیگر تغذیه می‌کند.
Paratonic پاراتونیک، دسته‌ای از جنبش‌های بازدارنده گیاهی که در اثر عوامل بیرونی ایجاد می‌شوند.
Parthenogenesis پارتنوژنی، توسعه تخم یک موجود زنده بدون باروری به یک جنین
Partnership شراکت
Part per million (PPM) قسمت در میلیون قسمت (پی‌پی‌ام)، واحد اندازه‌گیری غلظت

کنترل شده از نظر نور، دما، هوا، خاک، رطوبت و غیره در آنها پرورش داد.

Pioneer

Pioneer community

جامعه پیشاهنگ، جامعه پیشگام یا پیشرو، اولین جامعه‌ای که در جریان توالی اکولوژیکی در یک منطقه تشکیل می‌شود.

Pioneer stage

Placer deposits

مواد معدنی سنگینی که در لایه‌های شن و ماسه بستر رودخانه‌ها یا مناطق ساحلی وجود دارند.

Plagiogeotropism

کج زمین‌گرایی، جهت‌یابی بخشی از گیاه در اثر نیروی جاذبه زمین به‌طوری که زاویه‌ای غیر از زاویه ۹۰ درجه با محور اصلی به‌وجود می‌آورد مانند انشعابات ریشه‌های اصلی که دارای زاویه تند با ریشه اصلی می‌باشند.

Plague

فراوانی بیش از حد و ناگهانی یک آفت

Plankton

شناوران، موجودات زنده شناور در آب

Plant ecology

Pleiotrophic

وضعیتی که یک ژن واحد بر روی بیشتر از یک صفت تأثیر می‌گذارد.

Pocosin

مرداب

Poikilotherms (Syn: cold-blooded animals)

خونسرد، جانورانی که درجه حرارت بدنشان با تغییر درجه حرارت محیط تغییر می‌کند و دمای بدنشان تابع دمای محیط است.

Pollutant

Pollution

آلودگی، تغییر در غلظت مواد بقدری که اثرات معلولی بر موجودات زنده داشته باشد.

Pollution ecology

اکولوژی آلودگی

Polyandry

جفت‌گیری یک موجود زنده ماده با چند موجود زنده نر

Polychlorinated biphenyls (PCBS)

یک خانواده از مواد شیمیایی صنعتی مقاوم هستند که در زنجیره‌های غذایی تجمع پیدا کرده و اثرات معکوس بر انسان و سایر جانوران دارند.

Polyclimax theory

نظریه پلی‌کلیماکس، طبق این نظریه علاوه بر عوامل محیطی، عوامل محلی نیز در تشکیل جامعه کلیماکس دخالت دارند. بنابراین در هر منطقه چند جامعه قله یا کلیماکس به‌وجود می‌آید.

Polygamy

چندزوجی، حالتی که جنس‌های نر و ماده به دفعات با افراد مختلف جفت‌گیری می‌کنند.

Polygyny

جفت‌گیری یک موجود زنده نر با چند موجود زنده ماده

Polyphage

همه‌چیزخوار، یک موجود زنده از چندین موجود زنده دیگر که از نظر خویشاوندی دور از هم نیز هستند تغذیه می‌کند.

Polythetic

در نظر گرفتن خصوصیات زیادی برای طبقه‌بندی

Philopatrilie

فیلوپاتری (زیستگاه دوستی). گرایش یک فرد به ماندن یا بازگشت به زیستگاه خود یا هر مکانی که با آن سازگار شده است.

Phoresy

نوعی زندگی انگلی که در آن یک موجود زنده از موجود دیگر فقط به‌عنوان سواری و وسیله نقلیه استفاده نماید.

Photic

Photochemical

دود و غبارهای سمی که در اثر تابش خورشید بر اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن‌ها عموماً در شهرهای صنعتی به‌وجود می‌آید.

Photoperiod

فتوپریود، تغییر طول روز و شب در فصول مختلف سال

Photoperiodism

فتوپریودیسم. اثراتی که تغییرات طول روز و شب در فصول مختلف سال بر موجودات زنده دارد.

Photosynthesis

فتوستت، فرایندی که گیاهان سبز انرژی نورانی را تبدیل به انرژی مواد غذایی می‌کنند.

Phototaxis

فتوتاخری، گرایشی که محرک آن نور است، حساسیت به میزان نور.

Phototrophic

موجودی که انرژی مورد نیاز خود را از آفتاب می‌گیرد.

phototropism

نورگرایی، نوعی گرایش است که در آن عامل محرک نور می‌باشد و در اثر آن اندام گیاه به‌طرف نور حرکت و یا از آن دور می‌شود.

Phreatophytes

فریتوفیت‌ها، گیاهان بیابانی هستند که ریشه‌های عمیقی داشته و از سفره‌های آب‌های زیرزمینی آب جذب می‌کنند.

Physiognomy

چهره بیرونی، ساختار عمومی یا ظاهر عمومی یک جامعه

Physiological dry

خشکی فیزیولوژیکی، حالتی که در مناطق شور حتی با وجود رطوبت فیزیکی کافی به‌دلیل اینکه پتانسیل اسمزی خاک منفی‌تر از ریشه گیاه است اتفاق افتاده و به‌رغم اینکه آب در خاک وجود دارد گیاه نمی‌تواند آب جذب نماید.

Physiological longevity

طول عمر فیزیولوژیکی، دوره زندگی بالقوه موجود زنده در بهترین شرایط

Phytoecology

اکولوژی گیاهی

Phytogenic fossil

فسیل گیاه‌زاد، فسیل با منشأ گیاهی

Phytogeography

جغرافیای گیاهی

Phytomass

فیتوماس، وزن خشک گیاهان

Phytophagous

گیاه‌خوار، موجودی که از مواد گیاهی تغذیه می‌کند.

Phytoplankton

فیتوپلانکتون، گیاهان آبری عمدتاً میکروسکوپی و شناور.

Phytosociology

جامعه‌شناسی گیاهی، بررسی و مطالعه جوامع گیاهی که شامل مطالعه خاستگاه، تشکیل، ترکیب و ساختمان این جوامع می‌باشد.

Phytotoxin

فیتوتوکسین، مواد سمی با منشأ گیاهی

Phytotron

گلخانه، گیاهخانه، ساختمان‌هایی که می‌توان گیاهان را در شرایط

Primary air pollutants

موادی که در هوای اطراف زمین به وجود می‌آیند و در صورت تجمع زیاد خطرات جدی را برای محیط به وجود می‌آورند.

Primary consumers

مصرف‌کنندگان اولیه

Primary productivity

قابلیت تولید اولیه، انرژی ذخیره‌شده در گیاهان تولید اولیه نامیده می‌شود و نسبت و میزان که در این مرحله ذخیره می‌شود قابلیت تولید اولیه نام دارد.

Primary succession

توالی اولیه، روند توالی در مکان‌هایی که قبلاً هیچ اکوسیستمی وجود نداشته‌اند.

Primary treatment

رفتار اولیه، اولین مرحله در رفتار با مورد آزمایش

Primitive

ابتدایی

Periodic oscillations

نوسانات دوره‌ای (فصلی)

Pristine

آغازین

Producers

تولیدکنندگان، موجودات زنده‌ای که قادرند به کمک انرژی مواد معدنی را تبدیل به مواد آلی نمایند.

Production

تولید، ذخیره انرژی، افزایش مواد آلی، تبدیل مواد معدنی به مواد آلی

Production rate

نرخ باروری، میزان تولید، تولید در واحد زمان

Productive soil

خاک حاصلخیز، خاک بارور

Productivity

تولید کنندگی، افزایش ذخیره انرژی یا افزایش مواد آلی

Processing

فرایندسازی

Procrypsis

حالت استتار عمومی

Profundal zone

عمیق‌ترین قسمت‌های آب‌بندها و دریاچه‌ها را گویند.

Promiscuous

هرج و مرج طلب

Prostrate perennial

گیاهان دائمی با ساقه گسترده

Protection

حمایت

Protective measure

اقدام حمایتی

Protocooperation

زندگی اشتراکی، نوعی زندگی همزیستی که دو گونه‌ای که با هم هستند هر دو سود می‌برند و اگر جدا از هم باشند به زندگی‌شان می‌توانند ادامه دهند. یعنی دو گونه نیاز فیزیولوژیکی به هم ندارند.

Proximate factors

محرك‌های محیطی برای حوادث بیولوژیکی، در اصطلاح تکامل مکانیسم عکس‌العمل برای یک سازگاری با رجوع به اعمال فیزیولوژیکی و رفتاری

Psychrophilic

سرمادوست، میکروارگانیسم‌هایی که درجه‌حرارت مناسب برای رشد آنها کمتر از ۱۲۰ درجه سانتیگراد باشد.

Public lands

اراضی دولتی، اراضی که به‌وسیله حکومت اداره می‌شوند مانند جنگل‌های ملی، پارک‌های ملی، پناهگاه‌های حیات وحش.

Pyramid of binmass

هرم بیوماس، هرم وزن زنده

Pyramid of energy

هرم انرژی

Polyzonic lake

دریاچه‌هایی که دارای چند منطقه یا طبقه باشند مانند دریاچه‌های جوان.

Pond

تالاب، آب‌های راکد کم‌عمقی که وسعت زیاد ندارند.

Population

جمعیت، مجموعه افراد متعلق به یک گونه که در مکان جغرافیایی معینی زندگی می‌کنند و افراد آن می‌توانند آزادانه با هم تولیدمثل نمایند.

Population control

کنترل جمعیت، تمام عواملی که اندازه یک جمعیت را تنظیم می‌کنند.

Population dispersal

پراکندگی جمعیت، جریانی که توسط آن موجودات می‌توانند از مبدأ و محل تجمع خود به سایر نقاط پخش شوند.

Population dynamics

دینامیک جمعیت یا پویایی جمعیت

Population ecology

اکولوژی جمعیت

Population growth form or growth shape

فرم رشد جمعیت یا شکل رشد جمعیت، الگوی مشخصی که بر طبق آن جمعیت رشد می‌کند.

Population growth rate

آهنگ رشد جمعیت، تغییر تراکم جمعیت در طی زمان

Population momentum

تمایل یک جمعیت در حال رشد به ادامه رشد برای مدتی

Population oscillations

نوسانات جمعیت

Porosity

تخلخل، حجم منافذ لایه خاک یا سنگ

Positive feedback

فیدبک مثبت، فیدبک‌هایی که هرگونه انحراف از نقطه تعادل برای سیستم را تشدید می‌کنند.

Positive interference

تداخل مثبت، اثرات متقابلی که موجودات زنده بر هم داشته و برای همدیگر مفید باشند.

Postreproductive period

دوره بعد از تولیدمثل

Potamoplankton

پلانکتون‌های روان که از آبگیرها و دریاچه‌های متصل به رودخانه به منطقه آبگیر رودخانه نقل مکان کرده‌اند.

Prairie

مرغزار، چمن‌زارهای بومی آمریکای شمالی.

Precipitation

نزولات، فرم‌های مایع یا جامد باران‌هایی که از ابرها می‌ریزند.

Predator

صیاد، حیوانی که از حیوانات دیگر تغذیه می‌کند. این واژه شامل انگل‌ها نمی‌شود.

Predacious

زندگی کردن از طریق شکار موجودات دیگر (مخصوصاً حشرات).

Predation

صیادی، حالتی که یک موجود زنده شکارگر یا صیاد، با صید شکار از آن تغذیه می‌کند.

Prereproductive period

دوره قبل از تولیدمثل

Prevailing wind

باد غالب

Prey

طعمه، صید، شکار

جانورانی که دارای دستگاه عصبی هستند انجام می گیرند.

Refugium

پناهگاه، ناحیه‌ای که تغییرات آب‌وهوایی از دگرگونی شدید به کنار می‌ماند مانند نواحی دور از بادهای تند در حالیکه بقیه منطقه از نظر آب‌وهوایی دگرگون شده است، این پناهگاه معمولاً مرکزی برای زیست گونه‌های به‌جا مانده می‌شود.

refuse-derived fuel (RDF)

سوخت‌های حاصل از فرایندهای تبدیلی مواد زاید جامد

region

منطقه، پهنه

relative humidity

رطوبت نسبی، میزان رطوبت موجود در هوا نسبت به حالتی که هوا در همان درجه‌حرارت و فشار، اشباع از آب باشد.

Relict

بقایای فرد، جمعیت یا جامعه‌ای که در دوره‌های اولیه در شرایط مساعد زیسته است.

Renewable energy

انرژی تجدیدشونده

Replacement rate

میزان جایگزینی، میزان رشد جمعیت که در آن والدین تنها دارای تعداد فرزندی که جایگزین خودشان شوند هستند.

Reproductive period

دوره تولیدمثل

Resident time

مدت زمان باقی ماندن

Residual

ماندگار

Resilience

تمایل یک جمعیت یا یک اکوسیستم به بازگشت به حالت اولیه خود بعد از یک آشفتگی

منابع ذخیره

Resource reserve

Respiration

تنفس، فرایندی که توسط آن موجود زنده انرژی را برای بقای خود به جریان می‌اندازد. به‌عبارت دیگر کلیه فعل‌وانفعال‌های زیستی انرژی‌زا را تنفس گویند.

(غذای گونه‌ای)

Richness

Rhizosphere

ریزوسفر، بخشی از خاک که ریشه گیاهان را فرا گرفته و در اثر فعالیت ریشه دگرگونی می‌یابد.

Riffle zone

منطقه جریان تند، آب‌های جاری کم‌عمق که در آن آب با سرعت زیادی روی بستر نامنظم صخره‌ای یا قله‌سنگی جریان داشته و هنگام عبور از بسترهای نامنظم خود به اطراف ترشح می‌شود.

Rodenticide

مواد شیمیایی که موش و سایر آفات جونده را از بین می‌برند.

Root graft

اتصالات یا پیوند ریشه‌های گیاهان مختلف با هم

r-selected

انتخاب استراتژی r، تولید تعداد زیادی بذر کوچک با قدرت پراکندگی بالا و توانایی رقابتی کم، سازگار به شرایط محیطی ناپایدار و غیرقابل پیش‌بینی

Ruderal

خودرو، گیاهانی که در مناطق بایر و در اطراف مناطق مسکونی می‌رویند.

Run-off

رواناب، آب جاری

Pyramid of number (Syn: pyramid of Elton)

هرم تعداد یا هرم عددی، هرم التون

Pyrolysis

یک روش تبدیلی که در طی آن مواد آلی مثل مواد زاید، چوب و زغال به‌وسیله حرارت به فرم‌های دیگر تبدیل می‌شوند.

Q

Quadrat

کوادرات، سطح نمونه‌برداری است که ممکن است به اشکال و ابعاد مختلفی ساخته شود. چهارچوب

Quaternary consumers

مصرف‌کنندگان سطح چهارم

Quantum

Quantum theory

تئوری کوانتوم، نور در فضا به‌صورت جریانی از ذرات به‌نام فوتون حرکت می‌کند.

فروکش

Quenching

R

Race

نژاد، مجموعه‌ای از افراد که به‌دلیل نیاکان مشترک دارای صفات و مشخصات مشترک باشند. نژاد معمولاً از تقسیمات بعد از گونه می‌باشد.

Radiation

تشعشع، فرایندی که انرژی از یک مکان به مکان دیگری به‌صورت امواج جریان می‌یابد.

Radioactive contamination

آلودگی رادیواکتیوی

Random

تصادفی، نداشتن الگو یا طرح مشخص در قرار گرفتن

Random distribution

توزیع تصادفی، نوعی توزیع افراد جمعیت که در آن برای افراد فرقی نکند که در کجا واقع شوند و افراد به‌طور کاملاً تصادفی در اکوسیستم واقع شده باشند.

چراگاه

Range

Range ecology

اکولوژی چراگاه

Range management

مدیریت چراگاه

Reaction

واکنش، اثرات یا عکس‌العمل موجودات زنده به محیط

Realized niche

نیچ واقعی، آشیانه واقعی

Recession

رکود، پس‌روی

Reclamation

فعالیت‌هایی که به توالی طبیعی زمین‌هایی که به‌وسیله حفاری خراب شده‌اند کمک می‌کنند.

Recruitment

بیشرفت به‌سمت یک جمعیت طبیعی، معمولاً از گیاهان یا جانوران جوان وارد جمعیت بالغ می‌گردد.

Recycling

بازیابی، بازیافت، دوباره استفاده کردن منابع

Reducers

تجزیه‌کنندگان، موجوداتی که مواد آلی را تبدیل به مواد معدنی می‌کنند.

Reducing atmosphere

اتمسفر فاقد اکسیژن اما غنی از هیدروژن

Reflex

انعکاس، واکنش بدون تأخیر در برابر محرک خاص که در همه

S

Secondary succession

توالی ثانویه، روند توالی اکولوژیکی در مناطقی که قبلاً دارای اکوسیستم بوده اند، اما از توسعه و رسیدن به بلوغ یا حالت ثبات در آنها به وسیله یک عامل تسخیر کننده مثل آتش، چرا و غیره ممانعت شده است.

Secondary treatment

جداکردن آلودگی‌های آب فاضلاب‌ها به وسیله کشت و برداشت سلول‌های باکتری.

Sedentary**Sediment**

رسوب، بخشی از صخره‌ها، مواد معدنی یا بقایایی که معمولاً آب‌های جاری از خود بر جا می‌گذارند.

Sedimentary cycles**Selection differential**

چرخه‌های رسوبی
میزان برتری افراد انتخاب شده نسبت به متوسط جمعیت خودنگهداری

Self maintenance**Self regulation**

خودنظمی، فرایند تنظیم جمعیت که طی آن از تغییرات جمعیت به وسیله عمدتاً عوامل مربوط به خود جمعیت مثل رفتار و فیزیولوژی آن جلوگیری می‌شود.

Senescence**Sible heat transfer**

پیری
انتقال انرژی گرمایی از مکانی به مکان دیگر به وسیله تماس مستقیم از طریق کنوکسیون.

Seral stages

مراحل پله‌ای، مراحلی که در جریان توالی برای رسیدن به مرحله قله طی می‌شوند.

Sere

سر، کلیه جوامعی که در جریان توالی به وجود می‌آیند.

Serotinous cones

مخروط‌های بعضی از سوزنی‌برگان که برای چند سال بدون باز شدن در روی درخت باقی می‌مانند و برای باز شدن آنها و رها شدن بذرهاشان نیاز به آتش است.

Settlement**Sewage****Sex-linked****Sex ratios****Shade-plants****Shade tolerance**

اسکان
فاضلاب، گنداب
وابسته به جنس
نسبت‌های جنسی
گیاهان سایه‌دوست
مقاوم به سایه، توانایی گیاه بقا و رشد در سایه

Shannon function

شاخص شانون، شاخصی از میزان تنوع گونه‌های مختلف در جامعه

Shannon-wiener index

شاخص شانون - وینو، شاخص تنوع عمومی شانون

Shelf environment**Semi-woody perennial**

محیط کم عمق
گیاهان دائمی نیمه چوبی
قانون یا اصل بر دباری شلفرد، براساس این قانون نه تنها می‌نیم عوامل محیطی بلکه ماکزیم عوامل محیطی نیز می‌تواند عامل محدود کننده رشد موجودات زنده باشد.

Saline**Saline soils****Salinity**

شور، داشتن غلظت بالای نمک
خاک‌های شور
مقدار نمک محلول در آب که معمولاً برحسب قسمت نمک در هزار قسمت آب بیان می‌شود.

Salt pan**Sampling methods****Sand-beach community****Sanitation**

برکه شور
روش‌های نمونه برداری
جامعه شن‌های ساحلی
بهسازی، کاربرد اصول بهداشتی در محیط، فرد و جامعه

Sanitary bandfill

ریختن مواد زاید جامد به صورت لایه‌های فشرده بین لایه‌های خاک دست نخورده.

Saprobe

موجود زنده‌ای که در روی بافت‌های مرده زندگی می‌کند.

Saprophage**Saprophyte**

سaproفاژ یا مرده‌خوار
سaproفیت، گندزی، گیاهی که غذایش را از مواد آلی مرده یا در حال تجزیه به دست می‌آورد.

Saprotroph**Satellite****Saturation**

سaproترف یا گندخوار
ماهواره
اشباع، شرایطی از آب، خاک یا هوا که دارای حداکثر میزان یک ماده خاص باشد.

Savan

ساوان، پوشش گیاهی بلندقدی است که پس از جنگل‌های بارانی استوایی واقع شده‌اند و خزان کننده هستند، در این منطقه در یک قسمت از سال بارندگی شدید و در یک قسمت از سال خشکی شدید وجود دارد.

Savanna

ساوانا، نوعی پوشش گیاهی که دارای درختان کمی در فواصل زیاد در بین گیاهان علفی و گاهی بوته‌ای هستند.

Schistosomiasis**Sciophytes (syn: chod-plants)**

آلودگی به کرم‌های جنس شیستوزویا
گیاهان سایه‌دوست، گیاهانی که برای حیات به شدت پایین نور سازگار شده‌اند و در شدت‌های پایین نور از کارایی فتوسنتزی بالاتری برخوردارند.

Sclerophyll

گیاهان با برگ‌های سخت، مانند بلوط‌های همیشه‌سبز و انواع بوته‌های بیابانی.

Scrub**Scrubber**

خارستان
وسيله‌ای برای کنترل آلودگی‌های صنعتی هوا که گازهای قابل حل را از ضایعات به وسیله پاشیدن گازهای زاید در آب، جدا می‌کند.

Seasonal oscillations**Secondary consumers****Secondary production**

نوسانات فصلی (جمعیت)
مصرف کنندگان ثانویه
تولید ثانویه، ذخیره انرژی در سطوح مصرف کنندگان اکوسیستم

Specific heat capacity

ظرفیت گرمایی ویژه، مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش یک واحد جسم به اندازه یک درجه سانتیگراد

Specific survival time

زمان بقای ویژه، کمیتی است که برای مقایسه میزان مقاومت به خشکی در گیاهان به کار برده می شود؛ این کمیت نشانه آن است که از زمان انسداد روزنه ها در اثر خشکی تا زمان بروز خسارت از خشکی گیاه چه مدت قادر به مقاومت می باشد.

Spectrum

طیف

S-shaped or sigmoid growth form

فرم رشد S شکل یاسیگموئید، الگوی رشدی است که در آن رشد در ابتدا آهسته، سپس تند و در حد لگاریتمی می رسد و با کاهش ظرفیت محیطی و افزایش مقاومت محیطی تدریجاً رشد آهسته شده تا اینکه مرحله تعادل فرا رسیده و جمعیت در این مرحله ثابت باقی می ماند.

Stable air layer

لایه هوای ساکن

Stable population**Stability**

جمعیت پایدار

ثبات، عدم وجود تغییرات در جمعیت، توانایی استقرار و جلوگیری از آشفتگی و عدم تغییرات زیاد در ترکیب.

Standing crop

محصول سرپا، مقدار و وزن زنده (بیوماس) که قابل اندازه گیری باشد، کل مواد آلی زنده ای که در هر زمان قابل اندازه گیری باشد.

Stationary population

جمعیت ثابت، جمعیتی که تعداد افراد آن تغییر نکند.

Steady state

حالت ماندگار، حالت پایا

Sterilization

استریلیزاسیون، استریل کردن، ضد عفونی کردن

Steno-

استنو، به معنی باریک، پیشوندی است که برای بیان وسعت دامنه بردباری به کار می رود.

Stenocious

استنوشز، دامنه بردباری نسبت به انتخاب بستر زیست محدود است.

Stenodaphic

استنودافیک، دامنه بردباری نسبت به خاک محدود است.

Stenohalin

استنوهالین، دامنه بردباری نسبت به شوری محدود است.

Stenohydric

استنوهیدریک، دامنه بردباری نسبت به آب محدود است.

Stenoparasitism

استنوپارازیتسم، دامنه بردباری نسبت به میزبان ها محدود بود، حالتی که انگل ها تخصص یافته و تنها از یک گونه میزبان تغذیه می نمایند.

Stenophagic

استنوفاجیک، دامنه بردباری نسبت به غذا محدود است.

Stenoplastic

استنوپلاستیک، دامنه بردباری نسبت به شکل پذیری محدود است.

Stenothermal

استنوترمال، دامنه بردباری نسبت به درجه حرارت محدود است.

Stephan boltsman's law

قانون استفن - بولتزمن، شدت تشعشع به وسیله یک جسم متناسب با توان چهارم درجه حرارت مطلق آن جسم است.

Steppe**Shielding layer**

لایه نازکی از هوا در سطح زمینی که در آن هوا دائماً در حرکت است.

Short day plants

گیاهان روز کوتاه، گیاهانی که برای گلدهی نیاز به طول روزهای کوتاه تر از یک حد بحرانی دارد.

Sigmoid growth curve

منحنی رشد S شکل یا سیگموئید، الگوی رشدی است که در آن رشد در ابتدا هسته، سپس تند و در حد لگاریتمی بوده و با کاهش ظرفیت محیطی و افزایش مقاومت محیطی به تدریج رشد آهسته شده تا اینکه مرحله تعادل فرا رسیده و جمعیت ثابت باقی می ماند.

Silicious

سیلیس دوست، منطقه سیلیسی

Silviculture

جنگل کاری، علم احداث و حفظ جنگل

Simpson index

شاخص سیمپسون یا شاخص غالبیت

Sludge

لجن

Social hierarchy

الگوی روابط غالب و مغلوب در بین اعضای یک جمعیت

Sociobiology

مطالعه اساس بیولوژیکی رفتار جامعه

Sod

چمنزار و مرتع شخم خورده

Soft water

آب شیرین، آبی که مواد محلول در آن کمتر از یک گرم در لیتر می باشد.

Soil horizon

افق خاک، لایه هایی از خاک که به وسیله خصوصیات فیزیکی مشخص و ترکیبات شیمیایی خاص از لایه های فوقانی و تحتانی متمایز است.

Soil salination

تجمع نمک در سطح خاک در یک منطقه خشک و با زهکشی نامناسب

Solar cell

سلولی که نور خورشید را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می کند.

Solar collector

وسيله ای برای ذخیره انرژی خورشید

Solar constant

عدد ثابت خورشیدی، مقدار انرژی خورشیدی در سطح اتمسفر که به طور متوسط حدود ۲ کالری بر سانتی متر مربع در دقیقه است.

Solar system

منظومه شمسی

Space ecology

اکولوژی فضا

Spawn

تخم یا نوزاد حیوانات آبی

Specialized

اختصاص یافته، فرد یا اندامی که با محیط زیست و یا نوع زندگی خاصی سازگاری ویژه یافته است.

Speciation

تشکیل دو گونه از گونه ای که قبلاً موجود بوده است.

Species

گونه، مجموعه افرادی که می توانند با همدیگر تولیدمثل و افرادی بارور تولید نمایند.

Species richness

غنای گونه ای، تعداد گونه ها در جامعه

Specific growth rate

نرخ رشد ویژه، آهنگ رشد ویژه، تغییر در تعداد موجودات زنده در واحد زمان در هر موجود زنده

Supralittoral

منطقه سوپرالیتورال، منطقه‌ای که بالاتر از آب دریا و به سمت ساحل قرار دارد.

Surface fires

آتش‌سوزی‌های سطحی، آتش‌سوزی‌هایی که در روی سطح زمین اتفاق افتاده و در طی آن بقایای گیاهی و جانوری همراه با بوته‌ها و درختان کم ارتفاع که دارای ساقه‌های ضعیف و تاریکی هستند می‌سوزند.

Survival بقا، زنده‌بودن و دوام موجود زنده برای نسل‌های بعدی

Survival curves

منحنی‌های بقا، منحنی‌هایی که تعداد یا نسبت جمعیت موجود در سنین مختلف را نشان می‌دهند.

Survival rate

نرخ بازماندگان، حد بقا، نرخ ماندگاری، یک منهای نرخ مرگ و میری که بر حسب درصد باشد.

Suspended material

مواد معلق، موادی که به دلیل اندازه کوچک‌شان در آب ته‌نشین نمی‌شوند.

Swamp

باتلاق، سیاه آب، زمین پستی که پیوسته از آب اشباع بوده و در آن گیاهان مخصوصاً از نوع نی می‌روید.

Sward

علفراز، مرغزار

Sylropastoral

طرح‌ریزی جنگل و مرتع

Symbiosis

همزیستی، وابستگی موجود ناهم‌اند که همراه با بهره‌گیری دوجانبه است.

Symbiont

همزی، موجودی که به‌طور همزیست با موجود دیگری زندگی می‌کند.

Symportic

اشغال مناطق جغرافیایی مشابه

Symptom

نشانه

Synecology

سینکولوژی، بوم‌شناسی جمعی، شاخه‌ای از علم اکولوژی که ارتباط افراد یک جامعه را با محیط زیست، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد.

Synergism

حالتی که اثر مجموع چند ماده یا عامل بیش از اثر جمع یک یک آنها باشد.

Syntax

توالی فعالیت‌ها

Synusia

گیاهان دارای فرم زندگی یکسان

System

سیستم، نظام، اجزا متفاوتی که نیازمند به یکدیگر بوده و بر اثر نیاز رابطه متقابل پیدا می‌کنند و جمع واحدی را تشکیل می‌دهند.

System ecology

اکولوژی سیستم‌ها

T**Taiga**

تایگاه منطقه جنگلی شمالی، نوار شمالی جنگل‌های سوزنی‌برگان جنوب تونداری قطب شمال، حاشیه بین جنگل‌های سوزنی‌برگ

استپ، مناطق وسیع طبیعی، چمنزارهای خشک، معمولاً در مورد چمن‌های جنوب غربی آسیا و جنوب شرقی اروپا این اصطلاح به کار می‌رود.

Steppe forest

جنگل جلگه‌ای

Stereotropism

گرایش نسبت به سطوح جامد

Stereoscopies

برجسته‌نمایی

Stimulatory

اثرات تحریک‌کنندگی

Stimulus

برانگیزاننده، محرک، تغییر در محیط یک موجود زنده که برای ایجاد تغییر در فعالیت‌های ماده زنده کافی باشد بدون اینکه انرژی موردنیاز برای فعالیت تازه را در دسترس بگذارد.

Stratification

اشکوب‌بندی، در اصطلاح اکولوژی واژه اشکوب اشاره به لایه یا طبقات عمودی موجودات زنده با شرایط محیطی در یک جامعه حیاتی است. اشکوب‌بندی را می‌توان یکی از خصوصیات عمده تقریباً هر جامعه طبیعی دانست.

Stratified

مطبق

Stratum

یک لایه از یک اکوسیستم

Stream ecology

اکولوژی رودخانه

Subaerial

روی زمینی

Subalpine forest

کمربندی از پوشش گیاهی کوه‌های زیر نواحی آلپی (توندرا).

Subclimax ecosystem

اکوسیستم زیر قله‌ای، اکوسیستمی که هنوز به قله یا کلیماکس در جریان توالی نرسیده است.

Subdesertic regions

پهنه‌های زیر کویری

Sublimation

تصعید، فرایندی که طی آن یک ماده جامد مثل یخ مستقیماً به گاز تبدیل می‌شود.

Sublittoral (syn: shell zone, limonitic zone)

بخش پایین‌تر آب دریا از عمق ۶۰-۴۰ متری تا حدود ۲۰۰ متری، گاهی به نام منطقه صدف و افق جبران نیز نامیده می‌شود. از مرز پایین آب هنگام جزر تا اعماق ۲۰۰ متری.

Substained yield بازده مستمر، بازده پیوسته، عملکرد مستمر

Succession

توالی، تحولات کوتاه‌مدت جامعه و اکوسیستم، تغییراتی که در ساختمان و عمل اکوسیستم به‌طریقی خاص اتفاق می‌افتند.

Succulents

گیاهان گوشتی مانند کاکتوس‌ها

Sun-plants

گیاهان آفتابدوست

Supercooled water

آب زیر صفر درجه، آبی که در پایین‌تر از نقطه انجماد معمولی به حالت مایع باقی مانده باشد.

Super heated water

آبی که در بالاتر از دمایی که به‌طور معمول به بخار تبدیل می‌شود به‌صورت مایع باقی مانده باشد.

Super parasitism

تغذیه توأم و دسته‌جمعی انگل از یک میزبان که در آن لاروهای انگل همه از یک گونه باشد.

Support system

منابع کمکی

شمالی و توندرا

مادهٔ زمینی

Tellurian matter**Temperature**

درجه حرارت، شاخصی از فعالیت مولکول‌های یک ماده، هرچه درجه حرارت بیشتر باشد سرعت حرکت مولکول‌ها بیشتر خواهد بود.

Temperature inversion

وارونگی حرارتی، لایه‌ای از هوا که در آن با افزایش ارتفاع بجای کاهش دما، افزایش دما داشته باشیم.

Temporal life

زندگی موقتی

Tensity coefficient

ضریب سختی

Teratogen

ماده شیمیایی یا عامل فیزیکی (مانند اشعه) که سبب نقص فرزند شود.

Termonasty

ترموناستی، پاسخ به محرک حرارتی جهت نیافتن مانند گل‌های لاله که با افزایش درجه حرارت باز می‌شود.

Terrestrial

خشکی، زمین‌هایی که پوشیده از آب نیست.

Terrestrial ecology

اکولوژی خشکی

Terrestrial ecosystem

اکوسیستم خشکی

Territoriality

قلمروگرایی، حريم گرايي

Territory

حريم، قلمرو، محدوده‌ای که به وسیله موجودات ساکن در یک منطقه تحت حراست قرار می‌گیرد.

Tertiary consumers

مصرف کنندگان ثالث (سوم)

Tetanization

حالتی از دفاع حشرات در مقابل حشره‌خواران که حشرات ماهیچه‌های خود را در مقابل دشمنان به حالت انقباض در می‌آورند.

Thermal enrichment

گرمافزونی

Thermal pollution

آلودگی گرمایی

Thermal scanning

غربال گرمایی

Thermal shock

شوگ گرمایی، وقفه در اعمال طبیعی یک موجود زنده در اثر تغییر ناگهانی درجه حرارت محیطی که زندگی می‌کند.

Thermocline

ناحیه انتقالی در دریاچه‌های مطبق، ناحیه بین لایه آب گرم بالا و لایه آب سرد پایین

Thermodynamic order function

تابع ترتیبی ترمودینامیکی یا نسبت شرویدنگر یا نسبت نگهداری به ساخت، نسبت بین مجموع تنفس جامعه به مجموع وزن زندهٔ جامعه

Therophytes

تروفیت‌ها، گیاهانی که با تولید بذر یا اسپور قبل از فصل سرما یا فصل خشک نسبت به سرما یا خشکی سازگاری پیدا می‌کنند.

Thigmotacticism

بیحرکتی ایجادشده به وسیله تماس بدن با جدار سخت و تنگ.

Thigmotropism

گرایش نسبت به سطوح سخت که در اثر برخی کیفیات و خصوصیات موجود زنده ظاهر می‌نماید.

Threatened species

گونه‌ای که در قسمت‌هایی از محدوده‌اش فراوان است اما به دلیل کاهش تعدادشان وجود نسل‌های بعدی‌شان مورد سؤال است.

Threshold

آستانه، سرحد، حدی که افزایش آن سبب بروز اثر شود.

Threshold dosage

حداقل غلظت مضر

Throphogen

لایه خوراک‌ساز

Tidal energy

انرژی جزرومد، انرژی که حرکات جزرومد اقیانوس‌ها دارا می‌باشند.

Tissue growth effect

راندمان رشد بافت‌ها

Tolerance limits

دامنه تحمل، حد بین حداکثر و حداقل بردباری نسبت به بعضی از عوامل فیزیکی برای یک موجود زنده و یا یک جمعیت.

Tolerance range

محدوده تحمل، مجموعه شرایط برای بعضی از عوامل فیزیکی که موجود زنده یا جمعیت می‌تواند بقا یابد.

Topographic factors

عوامل توپوگرافی، عوامل پستی و بلندی

Total assimilation

جذب کل یا فتوسنتز کل، در اکثر اکوسیستم‌ها تولید ناخالص اولیه معادل با فتوسنتز کل یا جذب کل است.

Total counts

شمارش کلی، روشی برای اندازه‌گیری تراکم جمعیت

Toxicity

سمیت، شاخصی از توانایی یک ماده برای ایجاد ناراحتی، مریضی یا مرگ

Toxic radicals

بنیان‌های سمی

Toxic substances

مواد سمی، مواد که سبب اختلال جدی یا مرگ در غلظت معینی می‌گردند.

Trace element

عنصر فرعی، عنصر شیمیایی که به وسیله موجود زنده در مقادیر بسیار کم اما ضروری استفاده می‌شود.

Transition

گذار، انتقالی

Transpiration

تعرق، عمل دفع آب به صورت مایع

Trophic

غذا دادن، مربوط به انتقال انرژی می‌شود.

Trophic level

سطح غذایی، گونه‌هایی که غذای خود را طی مراحل یکسانی به‌دست می‌آورند متعلق به یک سطح غذایی هستند.

Trophic level production efficiency

راندمان تولید سطوح غذایی

Trophic structure

ساختمان غذایی

Tropophile

تروپوفیل‌ها، جانورانی که با تناوب خشکی زیاد و رطوبت زیاد سازگاری پیدا کرده‌اند.

Tropophyte

تروپوفیت‌ها، گیاهانی که با تناوب خشکی زیاد و رطوبت زیاد سازگاری پیدا کرده‌اند.

True xerophyte

زیروفیت‌های واقعی، گیاهان چندساله و معمولاً درختچه‌ای هستند که برگ‌های کوچک سختی داشته و قادرند در زمان خشکی میزان ازدست‌دادن آب را کاهش داده و یا برگ‌هایشان ریزش نمایند.

Tsunami

امواج عظیم دریایی که در اثر زمین‌لرزه به‌وجود می‌آیند.

Tundra

Visible light	نور مرئی
Viviparity	قدرت زنده‌زایی
Viviparous	زنده‌زا، بچه‌زا
Volcano	آتشفشان

W

Warm-blooded animals (Syn: homoiotherms)
جانوران خونگرم، جانورانی هستند که درجه حرارت بدنشان با تغییر درجه حرارت محیط تغییر نمی‌کند بلکه سرعت متابولیسم مواد آلی تنظیم‌کننده درجه حرارت بدنشان است.

Warm front
لبه هدایت‌کننده یک توده هوا که جایگزین هوای سردتر می‌شود.

Warm steppic zone
منطقه جلگه‌ای گرم

Waste
مواد زاید، پسماند

Waste reduction
استراتژیهای حفاظت منابع که شامل کاهش مقدار تولید اجزای مواد زاید می‌باشد.

Waste water
پساب

Water borne pathogen
عوامل بیماری‌زای آبی

Water catchment
آبخیز

Water pollution
آلودگی آب

Water savers plants
گیاهان ذخیره‌کننده آب

Watershed
آبخیز

Watershed management
آبخیزداری

Water spenders plants
گیاهان خرج‌کننده آب

Water table
سفزه آب، سطح بالای ذخایر آب‌های زیرزمینی

Weather
آب‌وهوا

Weathering
هوازدگی، تجزیه شیمیایی و تخریب مکانیکی سنگ‌ها

Wein's law
قانون وین، حداکثر طول‌موج هر جسم تشعشع‌کننده عاملی از درجه حرارت آن جسم است.

Wetland
تالاب

Wilderness
اراضی بدون تغییرات آشکار

Wildlife
حیات وحش

Wildlife refuges
بناگاه‌ها یا زیستگاههای حفاظت‌شده حیات وحش

Wilting point
نقطه پژمردگی، شاخصی از رطوبت خاک، مقدار رطوبت خاک درحالی که گیاه به دلیل کمبود آب به حالت پژمردگی دائم در می‌آید.

Wind breaker
بادشکن، هر گونه مانع یا دیوار مشبک یا ردیف‌هایی از درختان که در مسیر وزیدن باد احداث کنند تا از سرعت باد کاسته و اثرات سوء آن را کاهش دهد.

Wind power
نیروی باد

Within-trophic-level efficiency
راندمان در داخل سطوح غذایی

Woodland
درختزار

توندره، مناطق بدون درخت در نواحی آلبی و قطب شمال که دارای گیاهان مختلف و علف‌های چمنی هستند.

Turbidity
گل آلودگی

Turnover time
زمان انتقال، زمان لازم برای جابه‌جایی تمام ذخیره یک عنصر از یک مخزن به مخزن دیگر.

Turnover rate
نسبت انتقال، درصد انتقال یک عنصر از یک مخزن به مخزن دیگر در واحد زمان.

U

Ultimate factors
عوامل نهایی، دلایل تکاملی سازش، خصوصیات محیطی که موجودات زنده تطابق بیشتری دارند.

Ultraviolet radiation
اشعه ماورای بنفش، امواج دارای انرژی بیشتر از طیف مرئی بنفش، که قادر به شکستن بعضی از پیوندهای شیمیایی می‌باشد.

Ungulate
پستانداران سم‌دار مثل اسب و گاو

Uniform distribution
توزیع یکنواخت یا منظم، نوعی توزیع افراد جمعیت که در آن به‌دلایلی مثل کمبود امکانات افراد مجبورند یک حداقل فاصله با هم داشته باشند و در نتیجه افراد به‌طور یکنواختی در اکوسیستم توزیع می‌شوند.

Univoltine
موجود زنده‌ای که یک نسل در سال دارد.

Unstable air layer
لایه هوای غیرساکن، لایه‌ای هوا که به‌طور مداوم به‌طرف بالا حرکت می‌کند و در نتیجه در این لایه هوا جریان می‌یابد.

Upper asymptote level
سطح مجانب بالایی، حد بالایی یا حداکثر تراکم، حداکثر تعداد موجود زنده‌ای که می‌تواند به‌وسیله بستر زیست تأمین شود.

Up-stream
بالارود

Upwelling
حرکت رو به بالای آب سرد پایین، در دریا که در اثر باد یا جابه‌جایی آب سطحی سبک‌تر صورت می‌گیرد.

Urban heat island
مناطق نسبتاً گرم واقع در مناطق صنعتی شهری

Urban refuse
زباله‌های شهری

V

Variation
تفاوت‌های موجود بین افراد یک گونه از نظر فیزیولوژی و ساختمانی

Vector
ناقل، جانوری که انتقال دهنده انگل است مانند پشه آنوفل که ناقل مولد مالاریا است.

Vegetarian
گیاهخواری، وابستگی مستقیم به غذاهای گیاهی و حذف تمام پروتئین‌های حیوانی از جیره غذایی.

Veganism
خام‌خوار گیاهی

Vegetation
پوشش گیاهی یک منطقه

Ventilation
تهویه

Y	
Yield	بازده - عملکرد
Z	
Zero population growth (ZPG)	
جمعیت بدون رشد، حالتی که میزان زاد و ولد و مهاجرت به داخل برابر است با میزان مرگ و میر و مهاجرت به خارج و در نتیجه اندازه جمعیت کم یا زیاد نمی شود.	
Zonation	
منطقه بندی، در مفهوم اکولوژی منطقه بندی با نحوه قرار گرفتن و برآزش افقی یا سطحی تشکیلات حیاتی و غیرحیاتی می باشد.	
Zone of saturation	
منطقه اشباع، لایه ای از سنگ یا خاک که حجم منافذ کاملاً به وسیله آب پر شده است.	
Zone of tolerance	
حوزه طاق، ناحیه تحمل	
Zoophageus	
جانورخوار	
Zoophyte	
جانور گیاه مانند، جانور گیاه سان	
Zooplankton	
جانوران شناور، جانوران آبی که از فیتوپلانکتون ها تغذیه می کنند.	

X	
X-rays	
اشعه X، تشعشع الکترومگنتیک با طول موج های کوتاه که قادر به نفوذ در بافت های انسان و شکستن پیوندهای شیمیایی می باشند.	
Xeric	
کم بودن آب قابل دسترسی برای زندگی، خشکی	
Xerophile	
زیروفیل ها، جانوران خشکی پسند، جانورانی که در خشکی زندگی می کنند.	
Xerophyte	
زیروفیت ها، گیاهان خشکی پسند، گیاهانی در محیط های خشک زندگی می کنند.	
Xerosere	
زیروسیر، توالی که در شرایط خشک شروع می شود، جوامعی که در جریان توالی در شرایط خشک به وجود می آیند.	
Xerotherme mediterianean	
گرم و خشک مدیترانه ای	
Xylophage	
چوبخوار، جانوری که از چوب تغذیه می کند.	