



Raven
Biology
of Plant

زیست‌شناسی گیاهی ریون

ری ایورت - سوزان ایکورن
جلد اول - ویراست هشتم - 2013

ترجمه:

اصغر زمانی

(دانشجوی دکترای سیستماتیک گیاهی)

دانشگاه تهران

زیر نظر:

دکتر فریده عطار

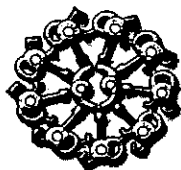
(استاد پردیس علوم)

دانشگاه تهران

خاندن‌شناسی

۱۳۹۲

سرشناسه	ریون، پیتر اچ.، ۱۹۳۶-م. Raven, Peter H
عنوان و نام پدیدآور	زیست‌شناسی گیاهی ریون / ری اف ایورت، سوزان ایی ایکورن؛ مترجم، اصغر زمانی؛ زیر نظر فریده عطار.
مشخصات نشر	تهران - خانه زیست‌شناسی، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	تهران: مصور، جدول.
شابک	ه. ا. ۷۵۰۰۰۰ ریال : 0-10-6926-600-978
وضعیت فهرست‌نویسی	فیبی :
یادداشت	عنوان اصلی: Biology of Plants. 8th ed. 2013
موضوع	گیاه‌شناسی :
شناسه افزوده	ایکورن، سوزان ای. :
شناسه افزوده	Eichhorn, Susan E. :
شناسه افزوده	زمانی، اصغر، مترجم :
شناسه افزوده	عطار، فریده، ناظر :
رده‌بندی دکنکر	۱۳۹۲ ۳۹ ۷۳ / ۴۷۷ QK
رده‌بندی دیوئی	۵۸۱ :
شماره کتابشناسی ملی	۳۱۲۱۳۳۹ :



خانه زیست‌شناسی

زیست‌شناسی گیاهی ریون (جلد ۱)

نام کتاب :	زیست‌شناسی گیاهی ریون
تألیف :	ری اف ایورت و سوزان ایی ایکورن
ترجمه :	اصغر زمانی
زیر نظر :	دکتر فریده عطار
ناشر :	خانه زیست‌شناسی
نوبت چاپ :	اول / ۱۳۹۲
مروهمینی و صفحه‌آرایی :	جواد جعفریان
بازخوانی :	نعمت الله راعی نیازی
امور چاپ :	علیرضا مرادی
لیتوگرافی / چاپ / صحافی :	سرمدی / عطف
شابک :	۶۰۰ - ۶۹۲۶ - ۱۰ - ۰ - ۶۷۸
شمارگان :	۳۰۰۰ نسخه
قیمت :	۲۵۰۰۰ تومان

تلفن مرکز پخش: ۶۶۴۷۷۷۴۹ و ۶۶۴۷۷۷۴۲ و ۶۶۴۶۰۲۸۷

فروش اینترنتی: www.hbio.ir

... در هر حرفه‌ای که هستید نه اجازه دهید که به بدبینی‌های بی‌حاصل آلوده شوید و نه بگذارید که بعضی از لحظات تأسفبار که برای هر ملتی پیش می‌آید شما را به یأس و ناامیدی بکشاند. در آرامش حاکم بر آزمایشگاه‌ها و کتابخانه‌هایتان زندگی کنید. نخست از خود بپرسید: «برای یادگیری و خودآموزی چه کرده‌ام؟» سپس همچنان که پیش‌تر می‌روید، بپرسید: «من برای کشورم چه کرده‌ام؟» و این پرسش را آنقدر ادامه دهید تا به این احساس شادی بخش و هیجان‌انگیز برسید که: «شاید سهم کوچکی در پیشرفت و اعتلای بشریت داشته‌اید.» اما هر پاسخی که زندگی به تلاش‌هایمان بدهد یا ندهد، هنگامی که به پایان تلاش‌هایمان نزدیک می‌شویم هر کدامان باید حق آن را داشته باشیم که با صدای بلند بگوییم:

«من آنچه در توان داشته‌ام انجام داده‌ام.»

هئو، پاستور

بی‌شک از زمان ظهور انسان، گیاهان اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده‌اند که این امر در ابتدا جنبه‌های کاربردی همچون تأمین خوراک، پوشاک، دارو و ... را دربرداشته است. در همین راستا، یکی از معیارهای ظهور تمدن‌ها، کاشت گیاهان دارای ارزش اقتصادی بوده است. در واقع باید عنوان کرد که بشر از همان ابتدا با گیاهان سروکار داشته و به صورت غیرعلمی مبادرت به دستکاری‌هایی در آنها نموده است. با گذشت زمان و پیدایش علوم بشری، این شناخت غیرعلمی کم‌کم شکل منظم‌تری پیدا کرد. با توجه به نیاز بشر به گیاهان، می‌توان تصور کرد که علم گیاهشناسی از علوم دیرینه باشد. البته مراد از گیاهشناسی در آن زمان، به هیچ وجه قالب امروزی آن نبوده است. با این حال، انسان در جهت تأمین نیازهای مختلف خود از جمله غذا، پناهگاه، دارو و ... سعی در ارتباط با زیست‌شناسی گیاهی داشته است. از آن زمان تا کنون، زیست‌شناسی گیاهی گسترش پیدا کرده و امروزه شاخه‌های مختلفی از این رشته به بررسی دقیق مطالب علمی مرتبط با حوزه‌هایی همچون فیزیولوژی گیاهی، مرفولوژی گیاهی، ژنتیک گیاهی، دیرینه‌شناسی گیاهی، ژنومیکس گیاهی، اکولوژی گیاهی و ... پرداخته‌اند. در همین ارتباط، از همان ابتدا مبادرت به نشر کتب و مقالات در زمینه‌های مختلف شد تا علوم گیاهی گسترش یابد.

در این میان، برخی کتب به عنوان منابعی جامع‌تر مطرح شد و به طور گسترده در مجامع آکادمیکی همچون دانشگاه‌ها استفاده شد. زیست‌شناسی در نگاه کلان به عنوان یکی از علوم پایه، از معیارهای مهم در پیشرفت علمی کشورها به حساب می‌آید. با این حال در کشور ما توجهی که شایسته اهمیت این علوم باشد، به آن نشده است.

از زمان آشنایی با منابع مهم رشته زیست‌شناسی گیاهی، با این کتاب آشنایی داشتم و هر از چندگاهی، به مطالعه برخی فصول آن می‌پرداختم. به مرور زمان و به موازات آشنایی بیشتر با زیست‌شناسی گیاهی، انگیزه‌ای جهت ترجمه این کتاب در بنده ایجاد شد تا بتوان ترجمه‌ای فارسی از آن را برای دانشجویان علاقه‌مند به این مبحث ارزشمند تهیه نمود.

در آن زمان چندین ترجمه از برخی دیگر از کتب زیست‌شناسی را ملاحظه کرده و بدین ترتیب با انتشارات خانه زیست‌شناسی آشنایی پیدا کردم. بی‌شک یکی از اتفاقات مبارک در جهت توسعه زیست‌شناسی در کشور، وجود مرکز تخصصی نشر کتاب‌های زیست‌شناسی است تا بتوان با ترجمه و تألیف کتب مفید، اهمیت بالای زیست‌شناسی را بخصوص برای دانش‌آموزان و دانشجویان بیش از پیش نمایان کرد و بدین ترتیب بتوان قدمی مهم در پیشرفت زیست‌شناسی برداشت.

در مورد این کتاب به طور خاص باید عنوان نمود که **زیست‌شناسی گیاهی یون** که هشت ویرایش آن تا کنون به چاپ رسیده، کتابی است جامع که همان گونه که از نام آن برمی‌آید، تلاش کرده است تا رشته گسترده زیست‌شناسی را در قالب مباحث مختلف به صورت جامع در یک کتاب جمع‌آوری نماید. طیف متنوعی از عناوین از جمله ساختار سلول گیاهی، متابولیسم سلول گیاهی، ژنتیک گیاهی، تکامل، سیستماتیک گروه‌های مختلف از پروکاریوت‌ها، قارچ‌ها، آغازیان تا نهان‌دانگان، تکوین گیاهی، آناتومی گیاهی، هورمون‌های گیاهی، تغذیه گیاهی و اکولوژی گیاهی در این کتاب گنجانده شده است تا یک محقق علاقه‌مند بتواند با مطالعه آنها، اطلاعاتی جامع در ارتباط با زیست‌شناسی گیاهی به‌دست آورد.

لازم می‌دانم از زحمات تمام عزیزانی که در ترجمه این کتاب ارزشمند بنده را یاری رساندند، تشکر ویژه‌ای داشته باشم:
- **خانه زیست‌شناسی** و در رأس آن آقای مصطفی پویان که با حمایت‌های بی‌دریغ‌شان در ترجمه این کتاب، مرا یاری رساندند، در خور تشکری ویژه هستند.

- از تلاش‌های شبانه‌روزی آقای جعفریان در تایپ و صفحه‌آرایی کتاب، تشکر می‌کنم.

- از آقای نعمت‌الله راعی نیایی که با قبول بازخوانی کتاب زحمات فراوانی را متحمل شدند، تشکر می‌کنم.

در پایان لازم می‌دانم که از شما خوانندگان به خاطر مطالعه این کتاب تشکر نمایم. بی‌شک هیچ کاری عاری از اشتباه نیست، ولی تمام تلاش اینجانب در ترجمه کتاب، حفظ امانت و کاهش حداکثری اشتباهات است. با این وجود، از کلیه اساتید و محققینی که این اثر را مورد مطالعه قرار می‌دهند استدعا می‌شود، در صورت مشاهده اشتباه و یا تذکر موردی خاص، آن را به خانه زیست‌شناسی اطلاع دهند تا در چاپ‌های بعدی مورد توجه قرار گیرد.

فهرست مطالب

مقدمه

فصل اول - مقدمه‌ای بر گیاه‌شناسی

تکامل گیاهان
تکامل جوامع
ظهور انسان

۱
۲
۹
۱۲

دستگاه گل‌زی
اسکلت سلولی
تأزک‌ها و مؤزک‌ها
دیواره سلولی
چرخه سلولی
اینترفاز
میتوز و سیتوکینز

۶۱
۶۳
۶۴
۶۵
۷۲
۷۴
۷۵

فصل چهارم - عبور و مرور مواد در سلول‌ها

اصول حرکت آب
سلول‌ها و فرآیند انتشار
اسمز و موجودات زنده
ساختار غشاهای سلولی
انتقال مواد محلول از عرض غشاء
انتقال وزیکولی
ارتباطات سلول - سلول

۸۷
۸۸
۹۱
۹۲
۹۵
۹۶
۹۹
۱۰۱



بخش اول زیست‌شناسی سلول گیاهی

فصل دوم - ترکیب مولکولی سلول‌های گیاهی

مولکول‌های آلی
کربوهیدرات‌ها
لیپیدها
پروتئین‌ها
اسیدهای نوکلئیک
متابولیت‌های ثانویه

۱۹
۲۰
۲۰
۲۲
۲۵
۲۸
۳۴
۳۵

فصل سوم - سلول گیاهی و پرده سلولی

پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها
سلول گیاهی: بررسی اجمالی
هسته
کلروپلاست‌ها و سایر پلاستیدها
میتوکندری‌ها
پراکسی‌زوم‌ها
واکوئل‌ها
شبکه آندوپلاسمی

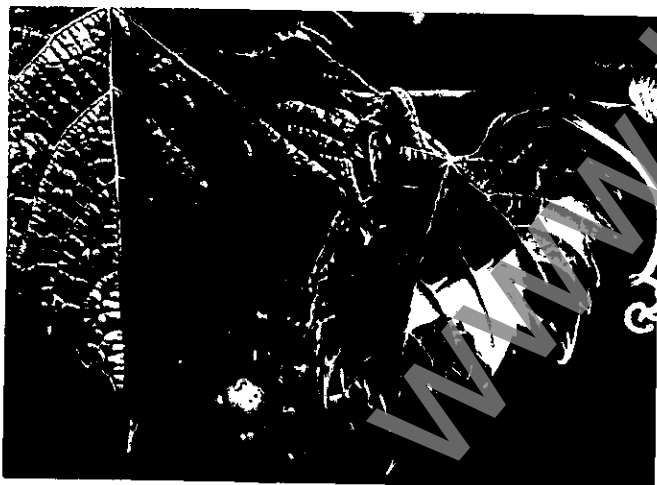
۴۵
۴۷
۴۹
۴۹
۵۲
۵۶
۵۷
۵۸
۵۹

بخش دوم انرژی

فصل پنجم - جریان انرژی

قوانین ترمودینامیک
اکسیداسیون - احیاء
آنزیم‌ها
کوفاکتورها در عملکرد آنزیمی
مسیرهای متابولیک
تنظیم عملکرد آنزیم
فاکتور انرژی: ATP

۱۰۹
۱۱۰
۱۱۱
۱۱۵
۱۱۷
۱۱۸
۱۲۰
۱۲۰
۱۲۲



۱۹۱	پیوستگی
۱۹۱	جهش‌ها
۱۹۴	بسط مفهوم ژن
۱۹۹	تولید مثل غیرجنسی: استراتژی جایگزین
۱۹۹	مزایا و معایب تولید مثل غیرجنسی و جنسی

فصل نهم - شیمی وراثت و بیان ژن

۲۰۵	ساختار DNA
۲۰۷	هماندسازی DNA
۲۱۱	از DNA تا پروتئین: نقش RNA
۲۱۲	کد ژنتیکی
۲۱۳	سنتز پروتئین
۲۱۷	تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها
۲۲۰	DNA کروموزوم یوکاریوتی
۲۲۲	رونویسی و فرآوری mRNA در یوکاریوت‌ها
۲۲۴	مولکول‌های RNA غیر کد کننده و تنظیم ژن

فصل دهم - تکنولوژی DNA نو ترکیب،

۲۲۷	بیوتکنولوژی گیاهی و ژنومیکس
۲۲۷	تکنولوژی DNA نو ترکیب
۲۳۴	بیوتکنولوژی گیاهی
۲۴۴	ژنومیکس

فصل یازدهم - فرآیند تکامل

۲۴۹	تئوری داروین
۲۵۱	مفهوم جرانه ژنی
۲۵۲	رفتار ژن‌ها در جمعیت‌ها:
۲۵۲	قانون Hardy-Weinberg
۲۵۳	عوامل تغییر
۲۵۶	پاسخ به انتخاب
۲۵۸	نتایج انتخاب طبیعی: سازگاری
۲۶۲	منشأ گونه‌ها
۲۶۳	گونه‌زایی چگونه رخ می‌دهد؟
۲۷۲	منشأ گروه‌های اصلی موجودات

فصل ششم - تنفس

۱۲۷	مروری بر اکسیداسیون گلوکز
۱۲۷	گلیکولیز
۱۲۸	مسیر هوازی
۱۳۱	سایر سوبستراهای تنفس
۱۳۹	مسیرهای بی‌هوازی
۱۳۹	راهکار متابولیسم انرژی

فصل هفتم - فتوسنتز، نور و میات

۱۴۵	فتوسنتز: دیدگاهی تاریخی
۱۴۵	ماهیت نور
۱۴۸	نقش رنگیزه‌ها
۱۵۰	واکنش‌های فتوسنتز
۱۵۳	واکنش‌های تثبیت کربن



بخش سوم ژنتیک و تکامل

۱۷۷

فصل هشتم - تولید مثل جنسی و وراثت

۱۷۸	تولید مثل جنسی
۱۷۹	کروموزوم یوکاریوتی
۱۸۰	فرآیند میوز
۱۸۱	نحوه توارث صفات
۱۸۶	دو اصل مندل
۱۸۹	

مقدمه

(Podophyllum peltatum) که در جنگل‌های بار و مراتع ایالات متحده و کانادا رشد می‌کند، در اوایل ماه می به گل می‌خیزد. گیاه با کمک دگر خورشید، سریشاً تولید سالک و برگ و گل می‌کند. میوه‌های گیاه به هنگام رسیدگی، متناوب به زرد پرده و سبز است. میوه گیاه خوراکی پرده و به عنوان گسرو و نوشیدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، برگ‌ها و ریشه‌های گیاه سمی هستند.



مقدمه‌ای بر گیاه‌شناسی

تغییر زیستگاه گرچه گیاهان اصولاً به حیات بر روی خشکی، سازگاری حاصل کرده‌اند، ولی برخی از آنها، همچون این گونه از نیلوفر آبی (*Nymphaea fabiola*) به رویشگاه‌های آبی برگشته است. شواهدی که نشان می‌دهد اجداد این گیاه در خشکی حضور داشته‌اند شامل یک لایه خارجی واکسی مقاوم در برابر آب یا کوتیکول، روزنه‌هایی است که تبادل گاز از طریق آنها انجام می‌گیرد. همچنین این گیاهان دارای یک سیستم ترابری داخلی توسعه یافته هستند.

رؤوس مطالب

○ تکامل گیاهان

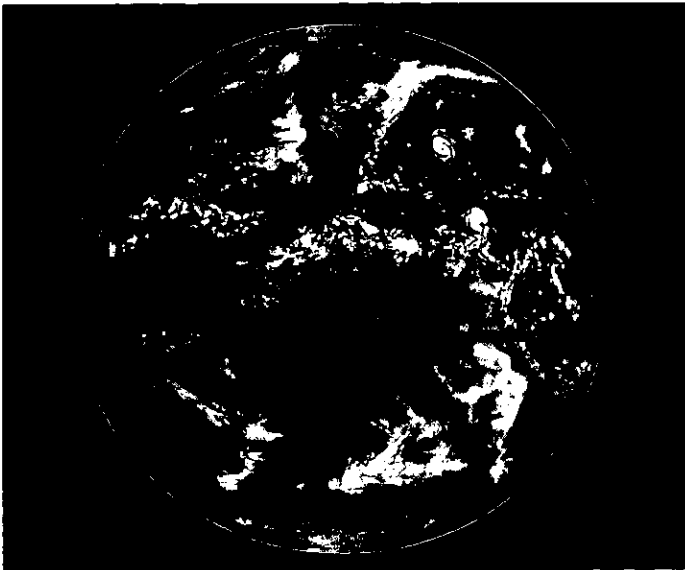
○ تکامل جوامع

○ ظهور انسان

تنها انواع محدودی از موجودات زنده (گیاهان، جلبک‌ها و برخی باکتری‌ها) دارای کلروفیل هستند که جهت انجام فتوسنتز، ضروری است. با به دام افتادن انرژی نورانی به شکل شیمیایی، این نوع انرژی به صورت منبع انرژی قابل بهره‌برداری توسط تمامی انواع موجودات زنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. انسان وابستگی کاملی به فتوسنتز دارد، فرآیندی که گیاهان سازگاری ظریفی جهت انجام آن کسب نموده‌اند.

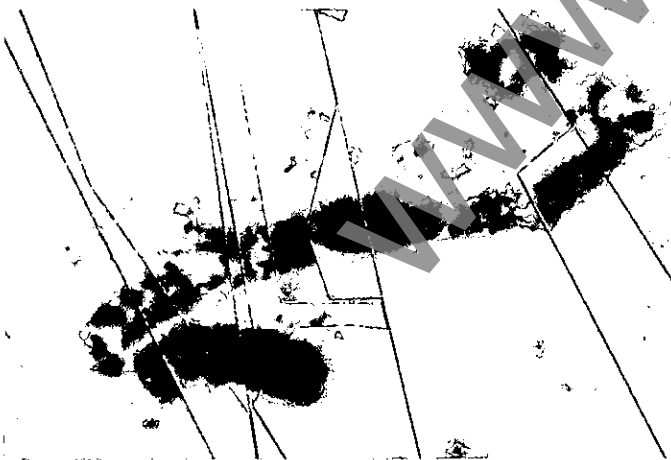
واژه گیاه‌شناسی یا "Botany" از کلمه یونانی *botane* به معنای "گیاه" و فعل *boskein* به معنای "تغذیه کردن" گرفته شده است. گیاهان تنها به عنوان منبع غذایی مطرح نبوده و بسیاری از نیازهای انسان را تأمین می‌نمایند. به عنوان مثال، گیاهان در تأمین الیاف مورد نیاز جهت تولید پوشاک؛ چوب مورد نیاز در تولید مبلمان، پناهگاه یا سوخت؛ کاغذ (مثل صفحات کاغذی که در حال مطالعه این مطالب هستید)؛ تأمین ادویه‌جات، دارو و همچنین اکسیژن مورد نیاز جهت تنفس دخیل هستند. انسان وابستگی کاملی به گیاهان دارد. همچنین گیاهان نقش بسزایی در احساسات انسان داشته و باغ‌ها، پارک‌ها و پوشش‌های طبیعی تأثیر بسزایی در روحیات انسان‌ها ایفاء می‌نمایند. مطالعه گیاهان منجر به افزایش قابل توجهی در علم ما نسبت به تمام اشکال حیات شده و یقیناً در آینده نیز نتایج بیشتری به دست خواهد آمد. همچنین با پیشرفت تکنیک‌های مهندسی ژنتیک و سایر ابزارهای تکنولوژیکی جدید، وارد مهیج‌ترین دوره در تاریخ گیاه‌شناسی شده‌ایم، به طوری که با بهره‌گیری از این ابزارها، می‌توان گیاهان را طوری تغییر شکل داد که به عنوان مثال، در برابر بیماری پایدار شده، آفات گیاهی را از بین برده، تولید واکسن نموده، مواد پلاستیکی زیستی قابل تجزیه تولید کرده، مقاوم به

"آنچه موجب حیات در روی کره زمین می‌شود، وقوع جریان کوچکی است که به واسطه تابش آفتاب انجام می‌شود." این بخشی از نوشته Albert Szent- Gyorgyi برنده جایزه نوبل است. با بیان این جمله ساده، وی یکی از بزرگ‌ترین شگفتی‌های تکامل، یعنی فتوسنتز را معرفی نموده است. طی فرآیند فتوسنتز، انرژی نورانی خورشید به دام افتاده و منجر به تولید قندها می‌شود که تمامی اشکال حیات بر روی کره زمین که شامل انسان نیز می‌شود، به این ترکیبات وابسته هستند. همچنین طی این فرآیند، اکسیژن به عنوان ترکیب ضروری جهت بقای حیات، به عنوان یکی از فرآورده‌های جانبی تولید می‌شود. "جریان کوچک" هنگامی آغاز می‌گردد که نور با برخورد به یک مولکول کلروفیل منجر به انتقال یکی از الکترون‌های موجود در کلروفیل به تراز بالاتری از انرژی می‌شود. این الکترون "برانگیخته"، به نوبه خود، با آغاز جریانی از الکترون‌ها نهایتاً منجر به تبدیل انرژی نورانی خورشید به انرژی شیمیایی موجود در مولکول‌های قندی می‌شود. به عنوان مثال، برخورد نور به برگ‌های نیلوفر آبی که در تصویر بالا نمایش داده شده است، اولین مرحله در تولید مولکول‌هایی است که منجر به تشکیل گل، دانه‌های گرده، همچنین برگ‌ها و ساقه و تمامی اجزای مولکولی دخیل در رشد و تکوین می‌شوند.



شکل ۱۱ حیات بر روی کره زمین. بر اساس اطلاعات موجود، از بین ۹ سیاره موجود در منظومه شمسی، تنها بر روی زمین، حیات وجود دارد. این سیاره، به طور مشخصی با سایر سیارات تفاوت دارد. از فاصله دور، زمین به صورت آبی و سبز مشاهده شده و به مقدار کمی درخشان است. رنگ آبی، به خاطر وجود آب، رنگ سبز به خاطر کلروفیل و رنگ درخشان ناشی از انعکاس نور خورشید از طریق لایه گازی احاطه کننده سطح این سیاره است. حداقل تا جایی که ما اطلاع داریم، حیات وابسته به این خصوصیات نمایان زمین است.

همچون نواحی اقیانوسی کم عمق و گرم موجود در سواحل استرالیا و باهاما تشکیل می‌شوند (فصل ۱۳ ملاحظه گردد). با مقایسه استروماتولیت‌های باستانی با استروماتولیت‌های امروزی که توسط سیانوباکتری‌ها (باکتری‌های رشته‌ای فتوسنتز کننده)



شکل ۱-۲ قدیمی‌ترین فسیل‌های شناخته شده. این فسیل‌های پروکاریوتی قدیمی یافت شده در صخره سنگ‌های موجود در شمال غرب استرالیا غربی قدمتی در حدود ۳/۵ میلیارد سال دارند. گرچه این فسیل‌ها حدوداً یک میلیارد سال جوان‌تر از کره زمین هستند، ولی صخره سنگ‌های محدودی وجود دارند که شواهد قدیمی‌تری از حیات را ثبت کرده باشند. موجودات پیچیده‌تر (موجودات دارای سازماندهی یوکاریوتی) تا ۲/۱ میلیارد سال پیش تکامل پیدا نکرده بودند. بنابراین، تا حدود ۱/۵ میلیارد سال، پروکاریوت‌ها تنها اشکال حیات موجود در روی کره زمین به حساب می‌آمدند. این به اصطلاح ریزفسیل‌ها، با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر نشان داده شده‌اند.

خاک‌های با شوری بالا بوده، مقاومت بالایی در برابر یخ‌زدگی داشته و منجر به تولید مقادیر بالایی از ویتامین‌ها و مواد معدنی در گیاهانی همچون ذرت و برنج شوند.

انتظار می‌رود که با مطالعه این فصل بتوانید به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

۱- چرا زیست‌شناسان بر این باورند که تمامی جانداران موجود در کره زمین دارای جدی مشترک هستند؟

۲- تفاوت اصلی بین موجودات هتروتروف و اتوتروف چیست؟ هر یک از این موجودات چه نقشی در مراحل اولیه کره زمین ایفا نموده‌اند؟

۳- فتوسنتز چه اهمیتی طی تکامل داشته است؟

۴- برخی چالش‌های پیش روی گیاهان طی انتقال از محیط آبی به محیط خشکی چیست؟ برخی ساختارهای ایجاد شده در گیاهان جهت رفع این مشکلات را نام ببرید.

۵- بیوم چیست؟ گیاهان در یک اکوسیستم، چه وظایف اصلی بر عهده دارند؟

تکامل گیاهان

حیات در مراحل اولیه تاریخ زمین‌شناسی زمین آغاز شده است

گیاهان مشابه سایر موجودات زنده، طی مدت زمان طولانی دستخوش تکامل شده (Evolved) و تغییرات متعددی را متحمل شده‌اند. سیاره زمین (توده‌ای از غبار و گاز که در روی محوری به حول ستاره خورشید می‌چرخید)، عمری در حدود ۴/۶ میلیارد سال دارد (شکل ۱-۱). اعتقاد بر این است که زمین متحمل بمباران‌های شهاب سنگی مרגباری شده که تا حدود ۳/۸ تا ۳/۹ میلیارد سال پیش ادامه داشته است. برخورد این قطعات بزرگ به سیاره زمین، به حفظ گرمای آن کمک می‌کرد. با آغاز خنک شدن زمین مذاب، طوفان‌هایی سهمگین به همراه صاعقه و آزادسازی انرژی الکتریکی رخ داده و همچنین آتش‌فشان‌های گسترده منجر به فوران مواد مذاب به درون آب و جوشیدن آب می‌شد.

قدیمی‌ترین فسیل‌های شناخته شده مربوط به حدود ۳/۵ میلیارد سال پیش است که در صخره‌های مناطق غربی استرالیا یافت شده است (شکل ۲-۱). این ریزفسیل‌ها متشکل از انواع مختلفی از میکروارگانیسم‌های رشته‌ای نسبتاً ساده شبیه به باکتری‌ها هستند. استروماتولیت‌های (Stromatolites) باستانی نیز عمری تقریباً برابر با این ریزفسیل‌ها دارند. این توده‌های میکروبی فسیل شده متشکل از لایه‌های حاوی میکروارگانیسم‌های رشته‌ای و سایر میکروارگانیسم‌ها به همراه رسوبات به دام افتاده در بین آنها هستند. استروماتولیت‌های امروزی نیز در برخی نواحی،

زمین سقوط کرده‌اند، محتوی اسیدهای آمینه و مولکول‌های آلی کربنی همچون فرمالدهید هستند. با این حال، ما فرض خود را با محوریت شروع حیات از روی کره زمین ادامه خواهیم داد.

در سال ۲۰۱۱، ماهواره Mars Reconnaissance Orbiter سازمان ناسا شواهدی را مبنی بر وجود آب مایع در حال جریان از شیب‌ها و دیواره حفرات طی ماه گرم در کره مریخ یافت. چنین تصوّر می‌شود که این مایع، شدیداً محتوی املاح بوده و به واسطه استقرار در زیر لایه سطحی، از انجماد ناشی از دمای پایین حاکم بر مریخ و همچنین تبخیر ناشی از حضور فشار هوای پایین موجود در این کره در امان مانده است. این یافته‌ها احتمال کشف حیات در کره مریخ را افزایش می‌دهد.

به احتمال خیلی زیاد، سلول‌های اولیه، در نتیجه تجمّعات ساده مولکولی ایجاد شده‌اند

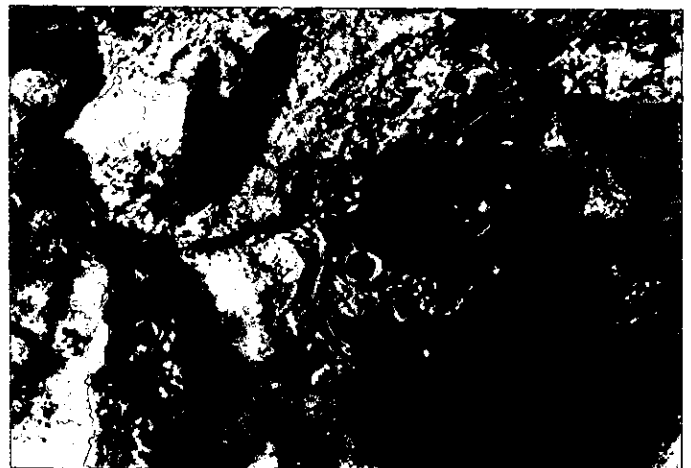
بر اساس تئوری‌های امروزی، مولکول‌های آلی به واسطه اثرات ناشی از صاعقه، باران و انرژی نورانی بر روی گازهای محیطی و یا به واسطه شکاف‌های آتش‌فشانی ایجاد شده و در اعماق اقیانوس‌ها انباشته شده‌اند. برخی از این مولکول‌های آلی، تمایل به تجمّع در کنار هم داشته و تشکیل قطراتی شبیه قطرات چربی موجود در آب را می‌دادند. به نظر می‌آید که این تجمّعات مولکول‌های آلی، پلایه‌دار ایجاد سلول‌های قدیمی به عنوان اولین اشکال حیات باشند. Sidney W. Fox و همکارانش در دانشگاه میامی پروتئین‌هایی تولید کردند که با گردهمایی کنار هم دیگر، منجر به تشکیل اجسام سلول مانند در داخل آب شدند. این اجسام موسوم به "گویچه‌های شبه پروتئینی" (Proteinoid Microspheres)، به واسطه انباشت مواد شبه پروتئینی دیگر، به آهستگی رشد نموده و نهایتاً با ایجاد جوانه‌هایی باعث تشکیل گویچه‌های کوچک‌تر دیگری شدند. گرچه وی این موضوع را مرتبط با نوعی تولید مثل دانست، ولی موضوع این است که این گویچه‌ها، سلول‌های زنده نیستند. برخی محققین بر این باورند که ذرات رس و یا حتی حباب‌ها به واسطه گردآوری مواد شیمیایی و تغلیظ آنها جهت سنتز مولکول‌های پیچیده‌تر، نقش بسزایی در ایجاد حیات داشته‌اند.

بر اساس تئوری‌های موجود، این مولکول‌های آلی همچنین ممکن است به عنوان منبع انرژی برای اشکال اولیه حیات ایفای نقش کرده باشند. سلول‌های قدیمی یا ساختارهای شبه سلولی، توانایی استفاده از این ترکیبات فراوان را به منظور تأمین انرژی مورد نیاز خود داشته‌اند. با افزایش تکامل و همچنین پیچیدگی ساختار، این سلول‌ها توانایی کنترلی بیشتری را کسب کردند. با افزایش پیچیدگی، این سلول‌ها، توانایی رشد، تولید مثل و انتقال

تشکیل می‌شوند، محققین چنین استنباط می‌نمایند که استروماتولیت‌های باستانی نیز توسط باکتری‌های رشته‌ای مشابهی ایجاد شده‌اند.

یک مسأله این است که آیا حیات در خود کره زمین ایجاد شده و یا از طریق فضا و به وسیله اسپورها (سلول‌های زایشی مقاوم) و یا ابزارهای دیگری به روی زمین منتقل شده است؟ به عنوان مثال، ممکن است حیات در روی کره مریخ تشکیل شده باشد، سیاره‌ای که تاریخ اولیه موازی با زمین داشته است. شواهد محکم در این ارتباط، اولین بار توسط کاوشگر Opportunity در سال ۲۰۰۴ به دست آمد که با کشف آثاری از آب در این سیاره، زمانی احتمال حیات در این کره را افزایش داد (شکل ۱-۳). در سال ۲۰۰۸، کاوشگر مریخ Phoenix مقادیر زیادی آب یخ را در نزدیکی سطح خاک مریخ کشف نمود. به علاوه، با استفاده از امکانات این کاوشگر، چرخه روزانه آب ثبت شد: هنگام صبح، بخار آب ناشی از آب یخ موجود در بخش‌های تقریباً سطحی مریخ و همچنین آب متصل به ذرات خاک، به اتمسفر مریخ رها شده و هنگام شب، متراکم شده و به واسطه نیروی جاذبه به سمت سطح مریخ سقوط می‌کند. گرچه بخش عمده کریستال‌های یخ به هنگام سقوط از لایه مرزی اتمسفر مریخ، تبخیر می‌شوند، ولی در سطح مریخ، بارش برف مشاهده شده است.

هیچ نوع مولکول آلی یا اثری از فعالیت زیستی در زمان حال یا گذشته توسط این کاوشگر یافت نشد. با این حال، با توجه به ورود دائمی انواع خاصی از سنگ‌های آسمانی محتوی مقادیر قابل توجه مواد آلی، ممکن است انتظار رود که مولکول‌های آلی در خاک مریخ حضور داشته باشند. سنگ‌های آسمانی که به سمت



شکل ۱-۳ حیات بر روی مریخ؟ این تصویر تقویت شده نشانگر بخشی از حفره Jezero است که حفره‌ای به عرض ۲۵ مایل واقع در شمال مریخ می‌باشد که زمانی به صورت یک دریاچه بوده است. مواد معدنی رس مانند (که به رنگ سبز نمایش داده شده است)، توسط رودخانه‌های قدیمی به دریاچه منتقل شده و تشکیل دلتا داده بودند. به دلیل توانایی ذرات رس جهت به دام انداختن و حفظ مواد آلی، دلتاها و بستر دریاچه‌ها، مناطقی امیدبخش برای کشف علائم حیات باستانی بر روی مریخ به شمار می‌آیند.



شکل ۱-۴ یک موجود هتروتروف امروزی. این قارچ دارای کلاهک نارنجی (*Leccinum* sp.) موسوم به قارچ صنوبر، در حال رشد در کف یک جنگل در کلورادو مشاهده می‌شود. این قارچ، مشابه سایر قارچ‌ها، مواد غذایی مورد نیاز خود را از طریق جذب تأمین می‌نماید (غالباً از سایر موجودات زنده).

سیستمی جهت بهره‌برداری مستقیم از انرژی خورشید تعبیه کرده و فرایند فتوسنتز را انجام می‌دادند (شکل ۱-۵). موجودات فتوسنتز کننده اولیه، گرچه در مقایسه با گیاهان، دارای ساختاری ساده بودند، ولی در مقایسه با هتروتروف‌های اولیه ساختاری به مراتب پیچیده‌تر داشتند. استفاده از انرژی خورشید، نیازمند سیستم رنگیزه‌ای پیچیده‌ای جهت به دام انداختن انرژی نورانی و همچنین وجود راهکاری برای ذخیره انرژی در یک مولکول آلی بود.

شواهدی دال بر فعالیت‌های موجودات فتوسنتز کننده در صخره‌های مربوط به ۳/۴ میلیارد سال پیش، یعنی در حدود ۱۰۰ میلیون سال پس از اولین شواهد فسیلی حاکی از وجود حیات در روی کره زمین به دست آمده است. البته ما تقریباً مطمئن هستیم که هم حیات و هم موجودات فتوسنتز کننده در زمان‌های قدیمی‌تری از آنچه شواهد پیشنهاد می‌کنند، ایجاد شده‌اند. به علاوه، به نظر می‌رسد که هیچ شکی وجود ندارد که هتروتروف‌ها قبل از اتوتروف‌ها تکامل پیدا کرده‌اند. با ظهور موجودات اتوتروف،

ویژگی‌های خود به نسل‌های بعدی (وراثت) را کسب نمودند. این ویژگی‌ها به همراه سازماندهی سلولی، مشخصات متمایز کننده تمامی موجودات زنده روی کره زمین به شمار می‌آیند.

امروزه تقریباً تمامی موجودات زنده، شامل قارچ‌ها، گیاهان و جانوران از یک کد ژنتیکی یکسان جهت ترجمه DNA به پروتئین بهره می‌برند (فصل ۹ ملاحظه گردد). بنابراین کاملاً واضح به نظر می‌رسد که حیاتی که ما می‌شناسیم، تنها یک بار در روی کره زمین پدیدار شده و تمام موجودات زنده دارای یک جد مشترک هستند و آن یک میکروب دارای ساختار میتنی بر DNA بوده که بیش از ۳/۵ میلیارد سال پیش زندگی می‌کرده است. چارلز داروین در اواخر کتاب منشأ گونه‌ها این چنین می‌نویسد: "احتمالاً تمام موجودات زنده‌ای که تاکنون بر روی زمین زندگی کرده‌اند، از یک شکل ابتدایی ایجاد شده‌اند که اولین بار بر روی زمین ظاهر شده و حیات را آغاز نموده است".

موجودات اتوتروف، مواد غذایی مورد نیاز خود را تولید می‌نمایند. ولی موجودات هتروتروف باید مواد غذایی مورد نیاز خود را از منابع خارجی کسب نمایند.

سلول‌هایی که نیازهای انرژی خود را با مصرف ترکیبات آلی تولید شده توسط منابع خارجی تأمین می‌کنند، موسوم به موجودات هتروتروف (*Heterotrophs*) هستند (از کلمات یونانی *Heteros* به معنای "دیگری" و *Trophos* به معنای "تغذیه کننده"). یک موجود هتروتروف برای تأمین انرژی مورد نیاز خود به منبع خارجی از ترکیبات آلی وابسته است. جانوران، قارچ‌ها (شکل ۱-۴) و بسیاری از موجودات تک سلولی، همچون برخی باکتری‌ها و آغازیان، جزو هتروتروف‌ها به شمار می‌آیند.

با افزایش تعداد موجودات هتروتروف باستانی، میزان استفاده از مولکول‌های پیچیده جهت تأمین انرژی نیز افزایش یافت. مولکول‌هایی که طی میلیون‌ها سال در زمین انباشته شده بودند. با کاهش پیوسته مولکول‌های آلی موجود در محلول آزاد (یعنی در داخل سلول نیست)، رقابت نیز آغاز شد. با اعمال فشار ناشی از رقابت، سلول‌های دارای توانایی بیشتر جهت استفاده از منابع محدود انرژی، شانس بیشتری برای بقا داشتند. طی یک دوره زمانی و به واسطه فرایند طولانی و آهسته حذف سلول‌های دارای کمترین سازگاری، سلول‌هایی تکامل پیدا کردند که قادر به تولید انرژی از طریق مواد غیرآلی ساده بودند. چنین موجوداتی موسوم به موجودات اتوتروف (خود تغذیه کنندگان) هستند. بدون تکامل این گروه از موجودات، حیات در روی زمین به زودی به اتمام می‌رسید.

موفق‌ترین گروه موجودات اتوتروف، موجوداتی بودند که

شکل ۱-۵: موجودات اتوتروف فتوسنتز کننده، گونه‌ای تریلیوم دارای گل‌های درشت (*Trillium grandiflorum*) که یکی از اولین گیاهانی است که در بهار در کف جنگل‌های خزان کننده مناطق شرقی و نیمه غربی آمریکای شمالی، به گل می‌نشیند. این تصویر نشانگر این گیاه در کف جنگلی از درختان غان است. تریلیوم و غان، مشابه اکثر گیاهان آوندی، به وسیله ریشه در خاک مستقر بوده و بخش عمده فتوسنتز در برگ‌های آنها انجام می‌گیرد. تریلیوم قبل از ایجاد برگ‌های درختان پیرامونی و در شرایطی که مقادیر قابل توجهی نور در اختیار دارد، به گلدهی می‌نشیند. بخش‌های زیرزمینی گیاه (ریزوم‌ها) مدت زمانی طولانی بقاء داشته و از طریق گسترش خود در زیر پوشش ضخیم مواد در حال فرسایش موجود در کف جنگل، منجر به تکثیر رویشی گیاه در کف جنگل می‌شوند. این گیاه همچنین با تولید بذریز نیز مبادرت به تولید مثل نموده که این بذرها توسط مورچه‌ها جابجا می‌شوند.



نور خورشید که به سطح زمین می‌رسیدند، جذب شده و در نتیجه به سطح زمین نمی‌رسیدند. در حدود ۴۵۰ میلیون سال پیش، ظاهراً اوزون به حد مناسبی از موجودات زنده محافظت نمود، به طوری که موجودات زنده توانایی بقاء در لایه‌های سطحی آب و حتی نواحی ساحلی را کسب نموده و برای اولین بار، حیات بر روی خشکی پدیدار شد.

ثانیاً افزایش اکسیژن آزاد منجر به بهره‌برداری مناسب‌تر از مولکول‌های محتوی کربن غنی از انرژی تولید شده توسط فتوسنتز شد. این موضوع امکان تجزیه این مولکول‌ها توسط فرآیندی موسوم به تنفس (*Respiration*) را فراهم نمود که طی آن، اکسیژن مصرف می‌شود. همان طور که در فصل ششم بحث



شکل ۱-۶: لایه‌های مربوط به تشکیلات آهن. این نوارهای قرمز رنگ اکسید آهن (که با نام زنگ نیز شناخته می‌شوند) که قدمتی به اندازه ۲ میلیارد سال دارند، در Jasper Knob واقع در میشیگان یافت شده و شواهدی حاکی از انباشت اکسیژن هستند.

جریان انرژی در بیوسفر (Biosphere) (یعنی جهان زنده و محیط پیرامونی آن) به شکل امروزی آن تبدیل شد. انرژی خورشید از کانال موجودات اتوتروف فتوسنتز کننده به تمامی اشکال حیات منتقل شد.

فتوسنتز، اتمسفر زمین را تغییر داده و این تغییر به نوبه خود بر تکامل حیات تأثیر گذاشت

با افزایش تعداد موجودات فتوسنتز کننده، سیمای زمین دچار دگرگونی شد. این انقلاب زیستی به این دلیل ایجاد شد که فتوسنتز اصولاً مستلزم شکافت مولکول آب (H_2O) و رهاسازی اکسیژن آن به صورت مولکول‌های آزاد اکسیژن (O_2) است. بیش از ۲/۲ میلیارد سال پیش، اکسیژن به درون اقیانوس‌ها و دریاچه‌ها آزاد شده و به واسطه واکنش با آهن محلول، منجر به رسوب اکسیدهای آهن شد (شکل ۱-۶). حدود ۲/۷ تا ۲/۲ میلیارد سال پیش، اکسیژن به تدریج شروع به انباشته شدن در اتمسفر نمود. تا حدود ۷۰۰ میلیون سال پیش، میزان اکسیژن موجود در اتمسفر به طور قابل توجهی افزایش پیدا کرد و طی دوره کامبرین (۵۷۰ تا ۵۱۰ میلیون سال پیش) میزان آن به مقادیر امروزی رسید.

افزایش میزان اکسیژن، دو نتیجه مهم به دنبال داشت: اول اینکه برخی مولکول‌های اکسیژن موجود در لایه خارجی اتمسفر تبدیل به مولکول‌های اوزون (O_3) شدند. وقتی که میزان اوزون موجود در اتمسفر به یک حد مناسب رسید، اشعه‌های ماورای بنفش (اشعه‌هایی به شدت مخرب برای موجودات زنده) موجود در

نواحی ساحلی صخره‌ای در مقایسه با دریا‌های آزاد، محیطی به مراتب پیچیده‌تر بوده و در پاسخ به این فشارهای محیطی حاکم، موجودات از لحاظ ساختاری و عملکردی پیچیده‌تر شدند. زمانی در حدود ۶۵۰ میلیون سال پیش، موجودات طوری تکامل پیدا کردند که طی آن، تعداد زیادی سلول به هم متصل شده و تشکیل پیکره‌ای یکپارچه و چند سلولی دادند. در این زمان، مراحل اولیه تکامل گیاهان، قارچ‌ها و جانوران آغاز شد. فسیل‌های موجودات چندسلولی در مقایسه با موجودات ساده‌تر با سهولت بسیار بیشتری یافت می‌شود. بر همین اساس، بررسی تاریخ تکامل حیات پس از پیدایش این موجودات، با سهولت بیشتری قابل ارزیابی است.

در سواحل متلاطم، موجودات فتوسنتزی چندسلولی، توانایی بیشتری برای حفظ موقعیت خود در برابر امواج داشته و در پاسخ به چالش نواحی ساحلی صخره‌ای، اشکال جدیدی از موجودات تکوین پیدا کردند. اصولاً این اشکال جدید، دیواره‌های سلولی محکم‌تری را جهت حمایت از سلول ایجاد نموده و به علاوه، ساختارهایی اختصاصی برای اتصال پیکره خود به سطوح صخره‌ای تولید نمودند (شکل ۱-۷). با افزایش ابعاد پیکره، موجودات زنده با مشکل تأمین مواد غذایی برای بخش‌هایی از پیکره خود مواجه شدند که به دلیل استقرار در بخش‌های عمیق‌تر و عدم دریافت نور خورشید، قادر به انجام فتوسنتز نبودند. نهایتاً بافت‌های اختصاصی هدایت‌کننده مواد غذایی، تکامل پیدا کرده که در سرتاسر طول



شکل ۱-۷ تکامل موجودات زنده چندسلولی. موجودات فتوسنتزی چندسلولی، در مراحل اولیه تکامل خود، به سواحل صخره‌ای متصل بودند. این کلبه‌ها (*Durvillaea potatorum*) که هنگام جزر و مد خفیف در روی صخره‌های موجود در حاشیه سواحل ویکتوریا و تاسمانیا واقع در استرالیا دیده می‌شوند، مربوط به جلبک‌های قهوه‌ای (رده *Phaeophyceae*) بوده که ایجاد حالت چند سلولی در این گروه، به طور مستقل از سایر گروه‌های موجودات زنده تکامل پیدا کرده است.

خواهد شد، تنفس در مقایسه با فرآیند بی‌هوازی (Anaerobic) یا فاقد اکسیژن، انرژی به مراتب بیشتری تولید می‌نماید.

قبل از انباشت اکسیژن در اتمسفر و ایجاد شرایطی هوازی (Aerobic)، تنها سلول‌های موجود در کره زمین پروکاریوت‌ها (Prokaryotes) بودند، که سلول‌های ساده فاقد پوشش هسته‌ای و همچنین فاقد مواد ژنتیکی دارای سازماندهی به صورت کروموزوم‌های پیچیده بودند. به احتمال خیلی زیاد، اولین پروکاریوت‌ها موجودات گرمادوستی موسوم به "آرکی‌ها" (Archaea) (به معنای "موجودات باستانی") بوده‌اند که امروزه اشکالی از آنها به طور گسترده در دماهای بسیار بالا و محیط‌های اسیدی نامطلوب برای سایر اشکال حیات، زندگی می‌کنند. باکتری‌ها نیز جزو پروکاریوت‌ها به حساب می‌آیند. برخی از آرکی‌ها و باکتری‌ها هتروتروف و برخی دیگر، همچون سیانوباکتری‌ها، اتوتروف هستند.

بر اساس شواهد فسیلی، افزایش میزان اکسیژن نسبتاً فراوان، همراه با پیدایش اولیه سلول‌های یوکاریوتی (Eukaryotic) (سلول‌های دارای پوشش هسته‌ای، کروموزوم‌های پیچیده، و اندامک‌هایی همچون میتوکندری‌ها (جایگاه تنفس) و کلروپلاست‌ها (جایگاه فتوسنتز) که توسط غشا احاطه شده‌اند) بوده است. موجودات یوکاریوت که در مقایسه با موجودات پروکاریوت، معمولاً دارای سلول‌های به مراتب بزرگ‌تری هستند، در حدود ۲/۱ میلیارد سال پیش پدیدار شده و در حدود ۱/۲ میلیارد سال پیش به تنوع بالایی رسیده و به خوبی در زمین مستقر شدند. به استثنای آرکی‌ها و باکتری‌ها، تمام موجودات زنده ام‌از آمیب تا گل قاصدک تا درخت بلوط و یا انسان متشکل از یک تا چندین میلیون سلول یوکاریوتی هستند.

محیط ساحلی در تکامل موجودات فتوسنتز کننده

حائز اهمیت بود

در اوایل تاریخ تکاملی زمین، مهم‌ترین موجودات فتوسنتز کننده به صورت سلول‌های میکروسکوپی غوطه‌ور در زیر سطح آب‌های موجود در زیر نور آفتاب بوده‌اند. گرچه این موجودات ذخیره انرژی بالایی داشتند، ولی به هنگام تولید مثل و تکثیر، به سرعت منابع معدنی موجود در اقیانوس را مصرف نموده و باعث کاهش شدید آن می‌شدند (همین موضوع کمبود عناصر معدنی ضروری است که امروزه نیز به عنوان فاکتوری محدود کننده مانع از موفقیت هر گونه طرحی جهت بهره‌برداری از دریاها می‌شود). در نتیجه این محدودیت، حیات بیشتر به سمت سواحل گسترش پیدا کرد، مناطقی که غنی از نیتрат‌ها و مواد معدنی حمل شده از نواحی کوهستانی توسط رودخانه‌ها و سیلاب‌ها بودند که به دنبال وقوع امواج دائمی، از سواحل زدوده می‌شدند.

موسوم به اپیدرم (Epidermis) توسط کوتیکول (Cuticle) واکسی پوشانده می‌شود که این لایه باعث کاهش اتلاف آب می‌شود. این لایه همچنین مانع از تبادل گازهای ضروری جهت انجام فتوسنتز و تنفس بین گیاه و محیط پیرامونی می‌شود. راه حل این معضل، روزنه‌ها (Stomata) (مفرد: Stoma) هستند. هر روزنه متشکل از یک جفت سلول اپیدرمی اختصاصی (سلول‌های نگهبان) به همراه یک منفذ در بین آنها است. روزنه‌ها در پاسخ به سیگنال‌های محیطی و فیزیولوژیکی، باز و بسته شده و بدین ترتیب، به حفظ توازن بین اتلاف آب و نیازمندی‌های اکسیژن و دی‌اکسیدکربن کمک می‌کنند (شکل ۸-۱).

در گیاهان جوان و همچنین گیاهان یکساله (Annuals) که گیاهانی با دوره حیات یکساله هستند، ساقه نیز به عنوان اندام فتوسنتزکننده عمل می‌کند. در گیاهان دارای طول عمر بیشتر، موسوم به گیاهان چندساله (Perennials)، ساقه ممکن است ضخیم و چوبی شده و توسط چوب پنبه (Cork) پوشانده شود که این بخش همچون اپیدرم، مانع از اتلاف آب می‌شود. هم در گیاهان یکساله و هم در گیاهان چند ساله، سیستم آوندی (Vascular System) یا سیستم هدایتی ساقه باعث هدایت طیف متنوعی از ترکیبات بین بخش‌های فتوسنتز کننده و غیرفتوسنتز کننده پیکره گیاه می‌شود. سیستم آوندی دارای دو جزء اصلی است: آوند چوبی (Xylem) که باعث انتقال آب به بخش‌های فوقانی گیاه شده و آوند آبکشی (Phloem) که باعث انتقال مواد سنتز شده در درون برگ‌ها و سایر بخش‌های فتوسنتز کننده گیاه به سراسر آن می‌شود. به واسطه وجود چنین سیستم هدایتی کارآمدی است که مهم‌ترین گروه گیاهان، موسوم به گیاهان آوندی (Vascular Plants) هستند (شکل ۹-۱).

گیاهان برخلاف جانوران، در سرتاسر عمر، رشد خود را ادامه می‌دهند. تمام رشد گیاه ناشی از مریستم‌ها (Meristems) است. مریستم‌ها نواحی بافتی جنینی هستند که قادر به اضافه کردن نامحدود سلول‌ها به پیکره گیاه هستند. مریستم‌هایی که در رأس تمام ریشه‌ها و ساقه‌ها قرار دارند و موسوم به مریستم‌های رأسی (Apical Meristems) هستند، در توسعه پیکره گیاه دخالت دارند. بنابراین ریشه‌ها دائماً در مجاورت منابع جدیدی از آب و مواد معدنی قرار گرفته و نواحی فتوسنتز کننده نیز دائماً به سمت نور گسترش پیدا می‌کنند. نوع رشد ناشی از عملکرد مریستم‌های رأسی، موسوم به رشد اولیه (Primary Growth) است. از سویی دیگر، نوع رشدی که ناشی از ضخیم شدن ساقه‌ها و ریشه‌ها بوده، موسوم به رشد ثانویه (Secondary Growth) بوده و به واسطه فعالیت دو مریستم جانبی (Lateral Meristems) یعنی

پیکره این موجودات گسترش یافته و باعث ارتباط بین بخش‌های فوقانی فتوسنتز کننده با ساختارهای تحتانی فاقد توانایی فتوسنتز شدند.

استقرار در خشکی، همراه با تکامل ساختارهایی جهت کمپ آب و کاهش اتلاف آب پرود

پیکره یک گیاه را می‌توان به خوبی با بررسی تاریخ تکامل طولانی آن و بخصوص با بررسی فشارهای تکاملی دخیل در گذار آن به خشکی درک کرد. یک موجود فتوسنتز کننده، نیازهای نسبتاً ساده‌ای دارد: نور، آب و دی‌اکسیدکربن جهت فتوسنتز، اکسیژن جهت تنفس و برخی مواد معدنی. نور همانند اکسیژن و دی‌اکسیدکربن به وفور در خشکی یافت می‌شود، دو مولکولی که در هوا به نسبت آب، با آزادی بیشتری انتشار پیدا می‌کنند. خاک نیز عموماً غنی از مواد معدنی است. بر همین اساس، آب مهم‌ترین فاکتور جهت گذار به خشکی و از دیدگاه معقین "به هوا"، است. جانوران خشکی‌زی، توانایی حرکت داشته و قادر به جستجوی آب و مواد غذایی مورد نیاز خود هستند. قارچ‌ها علی‌رغم عدم توانایی حرکت، به طور وسیعی در زیر سطح خاک و یا در درون هر منبع آلی غذایی مرطوبی که از آن تغذیه می‌نمایند، باقی می‌مانند. گیاهان از استراتژی تکاملی متفاوتی بهره می‌برند. ریشه‌ها (Roots) باعث اتصال گیاه به زمین شده و آب مورد نیاز جهت حفظ پیکره گیاه و همچنین فتوسنتز را جمع‌آوری نموده، در حالی که ساقه‌ها (Stems) از اندام‌های فتوسنتز کننده یعنی برگ‌ها (Leaves) حمایت می‌کنند. جریان پیوسته از آب از طریق ریشه و ساقه به سمت بالا در حرکت است که نهایتاً از طریق برگ‌ها از گیاه خارج می‌شود. بیرونی‌ترین لایه سلولی



شکل ۸-۱ روزنه‌ها. روزنه‌های باز در سطح برگ گیاه تنباکو (*Nicotiana tabacum*). هر روزنه در بخش‌های فوقانی گیاه توسط دو سلول نگهبان، محافظت می‌شود.

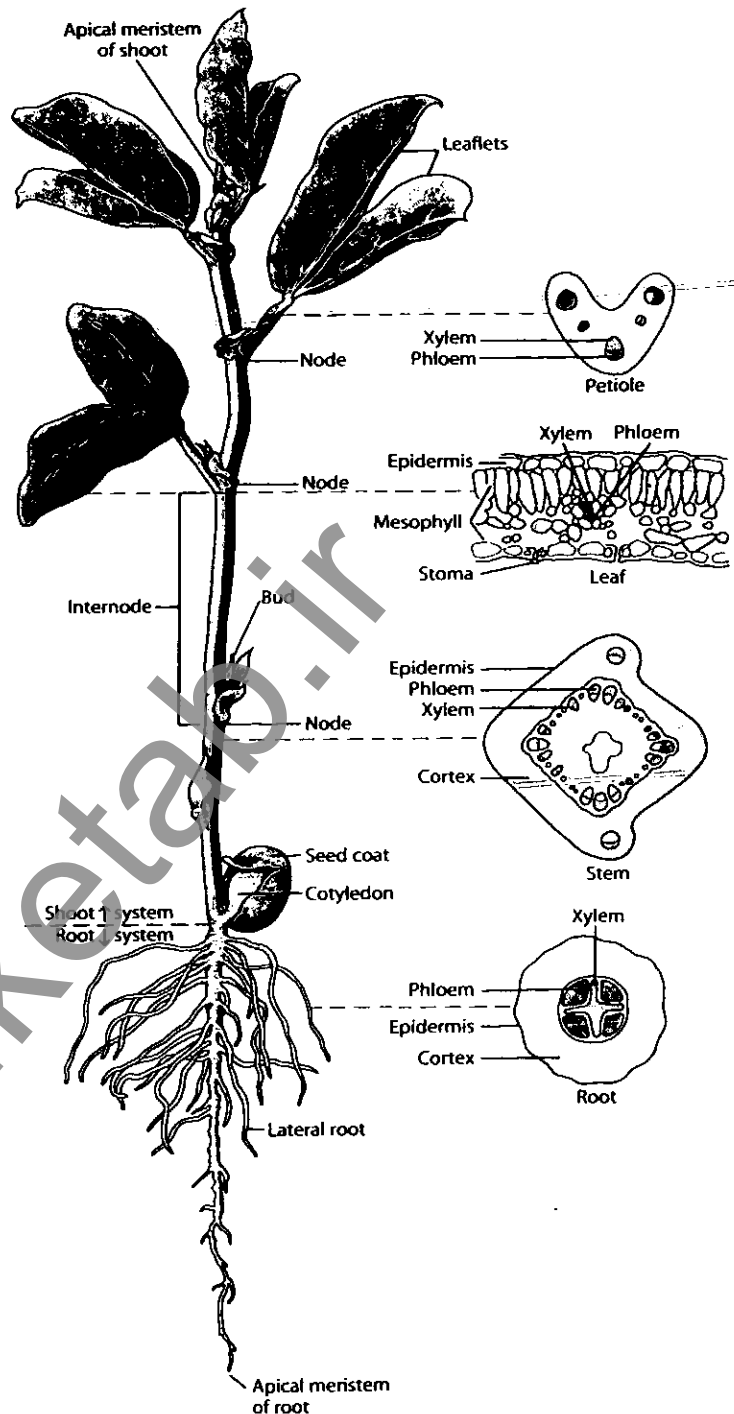
کامبیوم آوندی و کامبیوم چوب پنبه ایجاد می‌گردد.

طی گذار "به هوا"، گیاهان همچنین متحمل سازگاری‌های بیشتری جهت انجام تولید مثل شدند. اولین سازگاری در این راستا، تولید اسپورهای مقاوم به خشکی بود. به دنبال این سازگاری، ساختارهای پیچیده و چند سلولی تکامل پیدا کردند که گامت‌ها یا سلول‌های تولید مثلی در درون آنها نگهداری شده و به واسطه حضور یک لایه سلولی عقیم، از گزند خشکی در امان می‌مانند. در گیاهان دانه‌دار (Seed Plants) که شامل تقریباً تمامی گیاهان شناخته شده به استثنای سرخسیان، خزه‌ها و جگرواش‌ها هستند، گیاه جوان یا جنین توسط پوشش محافظ (پوسته دانه) ایجاد شده توسط والد خود، احاطه می‌شود. جنین در داخل چنین حفاظی، از گزند خشکی و شکارچیان در امان مانده و توسط مواد غذایی ذخیره شده، تغذیه می‌شود. جنین و منبع غذایی ذخیره شده و پوسته دانه، اجزای سازنده دانه (Seed) هستند.

بنابراین به طور خلاصه باید عنوان نمود که یک گیاه آوندی (شکل ۱-۹) متشکل از یک سیستم ریشه‌ای اتصال دهنده گیاه به بستر و جمع‌آوری کننده آب و مواد معدنی موجود در خاک؛ یک سیستم ساقه‌ای بالا برنده بخش‌های فتوسنتز کننده گیاه به سمت منبع نور یعنی خورشید و همچنین برگ‌هایی است که اندام‌های کاملاً تخصصی شده جهت انجام فتوسنتز هستند. ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌ها توسط سیستم آوندی پیچیده و کارآمدی با هم در ارتباط بوده و آب و مواد غذایی را بین همدیگر انتقال می‌دهند. سلول‌های تولید مثلی گیاهان در درون ساختارهای چند سلولی محافظی احاطه شده و در گیاهان دانه‌دار، جنین توسط پوششی مقاوم نگهداری می‌شود. تمامی این ویژگی‌ها، سازگاری‌هایی جهت حضور موجودات فتوسنتز کننده در خشکی هستند.

تکامل جوامع

یورش گیاهان به خشکی، سیمای قاره‌ها را دستخوش تغییر کرد. با نگاه کردن به پایین از درون یک هواپیمای در حال گذر از یکی از مناطق بیابانی گسترده موجود در روی زمین و یا یکی از نواحی کوهستانی، می‌توان تصور نمود که زمین قبل از ظهور گیاهان، به چه شکلی بوده است. حتی با پیاده‌روی در این نواحی، می‌توان تنوع حیرت انگیزی از گیاهان را مشاهده نمود که نواحی صخره‌ای و شنی را پوشانده‌اند. در نواحی از زمین که اقلیمی معتدل‌تر و بارندگی بیشتری حاکم است، جوامع گیاهی بخش غالب خشکی را به خود اختصاص داده و ویژگی‌های منطقه را تعیین می‌نمایند. در حقیقت باید این گونه عنوان نمود که تا حد زیادی، جوامع گیاهی به عنوان آنچه که ما خشکی می‌شناسیم، مطرح هستند. هر یک از کلمات جنگل بارانی، ساوان، درختزار، بیابان و توندرا، بخشی از



شکل ۱-۹ یک گیاه آوندی امروزی. تصویری از یک گیاه جوان باقلا (*Vicia faba*) که نشانگر اندام‌ها و بافت‌های اصلی موجود در پیکره یک گیاه آوندی امروزی است. اندام‌ها شامل ریشه، ساقه و برگ، متشکل از بافت‌ها هستند که شامل گروهی از سلول‌ها یا ساختار و عملکرد مجزا می‌باشند. مجموعاً، ریشه‌ها تشکیل سیستم ریشه‌ای و ساقه و برگ‌ها تشکیل سیستم ساقه‌ای گیاه را می‌دهند. ساقه بر خلاف ریشه، به گره و میانگره تقسیم‌بندی می‌شود. گره محلی از ساقه است که یک یا چند برگ از آن خارج می‌شود. به بخش بین دو گره متوالی، میانگره اطلاق می‌گردد. در باقلا، چندین برگ اول، به دو برگچه تقسیم می‌شوند. جوانه‌ها یا ساقه‌های جنینی، عموماً در محور برگ‌ها (زاویه فوقانی بین برگ و ساقه) ایجاد شده و ریشه‌های جانبی از بافت‌های داخلی ریشه نشأت می‌گیرند. بافت‌های آوندی (آوند چوب و آوند آبکش) در کنار هم قرار داشته و تشکیل سیستم آوندی پیوسته‌ای در سرتاسر پیکره گیاه می‌دهند. این بخش، بلافاصله در زیر کورتکس ریشه و ساقه قرار دارد. بافت مزوفیل برگ، جهت انجام فتوسنتز، اختصاص یافته است. در این تصویر، یک لپه یا برگ بذری به واسطه کنار زدگی پوسته بذری، قابل تشخیص است.



(a)



(b)



(c)



(d)

شکل ۱-۱۰ مثال‌هایی از تنوع بالای بیوم‌های موجود در کره زمین. (a) جنگل خزان کننده معتدله، که بخش اعظم شرق ایالات متحده و جنوب شرق کانادا را دربر گرفته است، توسط درختانی پوشانده می‌شود که طی فصل سرد زمستان، برگ‌های خود را از دست می‌دهند. در این تصویر که در کوهستان Adirondack واقع در ایالت نیویورک گرفته شده است، گونه‌ای غان و یک پایه افرازی قرمز مشاهده می‌شود. (b) مشخصه توندرای قطبی که بر روی لایه منجمد داخلی زمین قرار گرفته است، وجود فصل رویشی کوتاه مدت است. این تصویر در فصل پاییز در دره Tombstone در Yukon کانادا گرفته شده است. (c) در آفریقا، گله‌های بزرگی از پستانداران علفخواری همچون گورخر و گوزن یال‌دار در ساوان‌ها مشاهده می‌شوند. یک درخت اکاسیا در تصویر مشاهده می‌شود. (d) جنگل‌های مرطوب حاره که این تصویر از کاستاریکا گرفته شده است، غنی‌ترین و متنوع‌ترین بیوم موجود در روی کره زمین بوده و شاید نیمی از تمام گونه‌های موجودات زنده موجود در کره زمین را در خود جای داده باشند. (e) در بیابان‌ها غالباً سالانه بارشی کمتر از ۲۵ سانتی‌متر رخ می‌دهد. در این تصویر که مربوط به بیابان Sonoran در آریزونا است، غالباً توسط گونه‌ای کاکتوس اشغال شده است. این کاکتوس جهت بقا در این اقلیم خشک، دارای سازگاری‌هایی همچون ریشه‌های کم عمق و گسترده و همچنین ساقه‌هایی ضخیم جهت ذخیره آب است. (f) اقلیم مدیترانه‌ای در مقیاس جهانی، به صورت نادر یافت می‌شود. در این اقلیم، گیاهان طی زمستان‌های خنک و مرطوب رشد کرده و طی تابستان‌های خشک و گرم وارد مرحله خفتگی می‌شوند. این تصویر که نشانگر یک درختزار بلوط همیشه سبز است، از کوهستان Diablo در کالیفرنیا گرفته شده است.



(e)



(f)

میکروارگانیسم‌ها، تنها به مدت چند ساعت و یا حتی چند دقیقه زندگی می‌کنند. با وجود این تغییرات، اکوسیستم در مجموع تمایل قابل توجهی به حفظ پایداری (البته نه به معنای ساکن و راکد بودن) خود دارد. اکوسیستم در شرایط پایدار، قرن‌ها بدون تغییر باقی می‌ماند. نوه‌های ما ممکن است روزی در طول مسیری از یک درختزار راه روند که پدربزرگان ما نیز در آنجا راه رفته و در صورتی که این درختزار سالم باقی مانده باشد، نوه‌ها نیز دقیقاً همان انواع گیاهان و جانوران را با همان تعداد خواهند دید که پدربزرگان ما سال‌ها پیش در آنجا مشاهده کرده‌اند.

علیرغم رقابت بین جانداران موجود در یک اکوسیستم برای کسب منابع، یک اکوسیستم به صورت واحدی یکپارچه عمل می‌نماید. تقریباً تمامی موجودات زنده، حتی کوچک‌ترین سلول باکتریایی یا اسپور قارچی، منبع غذایی برای سایر موجودات زنده فراهم می‌کنند. در این سیستم، قبل از اتمام انرژی به دام افتاده توسط گیاهان سبز، انتقالات کاملاً منظمی از انرژی بین انواع مختلفی از موجودات زنده رخ می‌دهد. به علاوه، برهم‌کنش‌های بین موجودات زنده و همچنین بین موجودات زنده با محیط غیرزنده منجر به چرخش کاملاً منظم عناصری همچون نیتروژن و فسفر می‌شود. انرژی همواره باید به طور ثابت وارد اکوسیستم شود، ولی عناصر از طریق موجودات زنده متحمل چرخش شده، به خاک برگشته، توسط باکتری‌ها و قارچ‌های موجود در خاک تجزیه شده و مجدداً بازیافت می‌شوند. این انتقالات انرژی و چرخش عناصر، مستلزم توالی پیچیده‌ای از وقایع بوده که در هر کدام از این توالی‌ها، گروه‌های خاصی از موجودات زنده دارای عملکرد کاملاً اختصاصی هستند. در نتیجه، تغییر یک جز اکوسیستم حتماً منجر

به یک منظره را در ذهن انسان تداعی می‌کند (شکل ۱-۱۰). مهم‌ترین شاخصه این مناظر، گیاهان آنها هستند، به طوری که یک جنگل بارانی خیالی، در ذهن ما مشابه کلیسای بزرگی به رنگ سبز تیره بوده، در یک چمنزار، زمین توسط فرشی از گل‌های وحشی پوشانده شده، و در یک مرتع خیالی، در درون موجی زرد رنگ از انواع گل‌ها قدم می‌زنیم که تا دوردست‌ها ادامه دارد. تنها در صورتی که طرحی کلی از درختان، درختچه‌ها و گیاهان علفی موجود در این بیوم‌ها (Biomes) (جوامع طبیعی دارای گستره وسیع که دارای گروه‌های مجزا و کنترل شده‌ای از گیاهان و جانوران هستند) داشته باشیم، می‌توان سایر ویژگی‌های موجود در چنین نواحی را (همچون آهوی کوهی، بز، خرگوش یا گرگ‌ها) را مشخص و تکمیل نمود.

چنین جوامع گیاهی وسیعی، مانند جوامع موجود در مقیاس قاره‌ای، چگونه ایجاد می‌شوند؟ ما تا حدی قادر به ردیابی نحوه تکامل انواع مختلف گیاهان و جانوران تشکیل دهنده این جوامع هستیم. این در حالی است که حتی علیرغم افزایش دانش ما، اطلاعاتی بسیار ناچیز از الگوی به مراتب پیچیده‌تر تکوین سیستم متشکل از موجودات زنده تشکیل دهنده این جوامع وجود دارد.

اکوسیستم‌ها واحدهای نسبتاً پایدار و یکپارچه وابسته به موجودات فتوسنتز کننده هستند

چنین جوامعی به همراه محیط غیرزنده پیرامون آنها، موسوم به سیستم‌های اکولوژیکی یا اکوسیستم (Ecosystems) هستند. یک اکوسیستم مجموعه‌ای از موجودات فانی است که به صورت تعاونی در کنار هم زندگی می‌کنند. برخی از این موجودات، مثل درختان تنومند، هزاران سال عمر داشته و برخی دیگر همچون

آفتاب پدیدار نشده بودند. این در حالی است که قدیمی‌ترین آثار مربوط به ظهور انسان (حدود ۲ میلیون سال پیش) ممکن است نیم دقیقه قبل از اتمام روز ۲۴ ساعتی بوده باشد. با این حال، انسان بیش از هر جانور دیگری و تقریباً هم اندازه با گیاهانی که به خشکی یورش آوردند، منجر به تغییر سطح سیاره شده و در راستای تأمین نیازها و برنامه‌های خود، سیمای بیوسفر را دستخوش تغییر شکل کرده است.

با افزایش جمعیت و احداث شهرک‌ها و شهرها، کشت محصولات زراعی از حدود ۱۰۵۰۰ سال پیش آغاز شد. این پیشرفت‌ها (که به طور دقیق در فصل ۲۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد)، منجر به تنوع فرهنگی انسان‌ها شد. یکی از ویژگی‌های این فرهنگ این است که انسان ماهیت خود و سایر موجودات زنده، از جمله گیاهان را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد. نهایتاً علم زیست‌شناسی که به واسطه اهلی کردن گیاهان امکان‌پذیر شده بود، در جوامع انسانی گسترش پیدا کرد. بخشی از زیست‌شناسی که به بررسی گیاهان و به طور سنتی پروکاریوت‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها می‌پردازد، با عنوان گیاه‌شناسی (Botany) یا زیست‌شناسی گیاهی (Plant Biology) شناخته می‌شود.

زیست‌شناسی گیاهی شامل مطالعات بسیار متنوعی

است

مطالعه گیاهان به هزاران سال پیش برمی‌گردد، ولی مشابه تمامی گرایش‌های زیست‌شناسی، تنها در قرن بیستم به علمی متنوع و تخصصی تبدیل شد. تا اواخر دهه ۱۸۰۰، گیاه‌شناسی شاخه‌ای از پزشکی بود و گیاهان غالباً توسط پزشکان و به منظور درمان بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفتند. همچنین برخی افراد نیز به منظور بررسی اثرات درمانی گیاهان، به بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های بین گیاهان و جانوران می‌پرداختند.

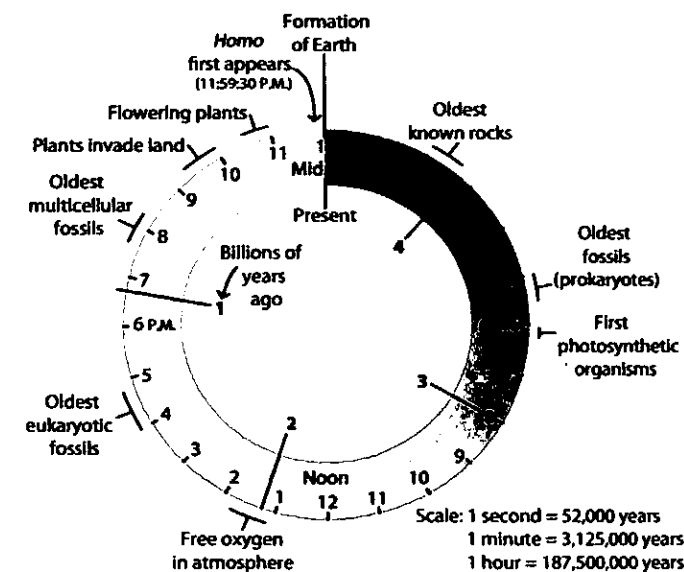
این در حالی است که امروزه زیست‌شناسی گیاهی، رشته علمی مهمی بوده که تقسیمات متعددی دارد: فیزیولوژی گیاهی (Plant Physiology) که به بررسی نحوه عملکرد گیاهان، شامل نحوه به دام انداختن و تبدیل انرژی و همچنین نحوه رشد و تکوین گیاهان می‌پردازد؛ ریخت‌شناسی گیاهی (Plant Morphology) به مطالعه مرفولوژی گیاهان پرداخته؛ آناتومی گیاهی (Plant Anatomy) به مطالعه ساختار داخلی گیاهان می‌پردازد؛ تاکسونومی گیاهی (Plant Taxonomy) و سیستماتیک (Systematics) شامل نامگذاری و طبقه‌بندی گیاهان و بررسی روابط موجود بین آنها است؛ یاخته‌شناسی (Cytology) که به مطالعه ساختار، عملکرد و تاریخچه سلول پرداخته؛ ژنتیک (Genetics) که علم بررسی وراثت و تنوع است؛ ژنومیکس

به بر هم خوردن تعادل و پایداری اکوسیستم می‌شود.

تقریباً در تمامی اکوسیستم‌ها، گیاهان، جلبک‌ها و باکتری‌های فتوسنتز کننده در قاعده زنجیره تولید قرار دارند. این موجودات به تنهایی، توانایی به دام انداختن انرژی موجود در نور خورشید و تولید مواد آلی مورد نیاز خود و تمام موجودات زنده دیگر را دارند. در حدود نیم میلیون نوع موجود زنده دارای توانایی انجام فتوسنتز وجود داشته و حداقل، ۲۰ برابر این تعداد، موجودات هتروتروف وجود دارند که کاملاً وابسته به فتوسنتز کنندگان هستند. جانوران شامل انسان، بسیاری از انواع مولکول‌های مورد نیاز خود مثل اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی را تنها از گیاهان یا سایر موجودات فتوسنتز کننده به دست می‌آورند. به علاوه، اکسیژن آزاد شده توسط موجودات فتوسنتز کننده به اتمسفر، بقای حیات بر روی خشکی‌ها و لایه‌های سطحی اقیانوس‌ها را امکان‌پذیر نموده است. وجود اکسیژن جهت انجام فعالیت‌های متابولیکی تولید کننده انرژی در بسیاری از موجودات، اهم از موجودات فتوسنتز کننده، الزامی است.

ظهور انسان

انسان نسبتاً به تازگی در روی کره زمین ظهور کرده است (شکل ۱-۱۱). با فرض اینکه کل تاریخ تکاملی زمین به صورت یک روز ۲۴ ساعتی در نظر گرفته شود که از نیمه شب آغاز می‌شود، سلول‌ها قبل از طلوع آفتاب، در دریاهای گرم پدیدار شدند. اولین موجودات چند سلولی تا چند ساعت بعد از غروب



شکل ۱-۱۱ ساعت زمان زیستی. به نظر می‌رسد که حیات در مراحل نسبتاً اولیه تاریخ زمین و در حدود ساعت ۶ صبح آغاز شده است (در یک مقیاس زمانی ۲۴ ساعتی). اولین موجودات زنده چند سلولی تا قبل از شفق پدیدار نشده بودند. جنس *Homo* (انسان) یکی از موجوداتی است که خیلی دیر ظهور کرده است (کمتر از نیم دقیقه قبل از نیمه شب).

منقرض شده که عامل انباشت گسترده گاز، نفت و زغال سنگ بوده‌اند که تمدن صنعتی امروزی بشر به آن وابسته است. حتی گذشته از این، گیاهان به همراه جلبک‌ها و باکتری‌های فتوسنتز کننده، نقش بسیار مهم‌تری دارند که باید به آن توجه شود. موجودات فتوسنتز کننده به عنوان تولیدکنندگان ترکیبات محتوی انرژی، موجودات واسطه‌ای هستند که از طریق آنها تمام موجودات زنده، که شامل انسان نیز می‌شود، کسب انرژی و اکسیژن نموده و بسیاری دیگر از مواد ضروری جهت بقای خود را به دست می‌آورند. شما به عنوان دانشجوی رشته گیاه‌شناسی، موقعیت بهتری جهت مطالعه موضوعات اکولوژیکی و محیطی مهم روز داشته و امید است که با درک این جریانات، به ساخت جهانی سالم‌تر کمک نمایید.

در دهه دوم قرن بیست و یکم، کاملاً واضح است که انسان با جمعیت ۶/۵ میلیارد نفری در سال ۲۰۱۰ و جمعیت ۹ میلیارد نفری در سال ۲۰۵۰، جهان را طوری مدیریت می‌نماید که در چند دهه اخیر، غیرممکن به نظر می‌رسید. در هر ساعت، مواد شیمیایی صنعتی در هر سانتی‌متر مربع از سطح این سیاره فرود می‌آیند. لایه استراتوسفری لایه اوزون که ۴۵۰ میلیون سال پیش ایجاد شده است، با استفاده از کلروفلوروکربن‌ها (CFCs) به طور جدی تحلیل رفته و سوراخ شده است. بر همین اساس، اشعه‌های مضر ماورا بنفش با نفوذ به لایه‌های تحلیل رفته اوزون منجر به افزایش سرطان پوست در سرتاسر جهان شده است. به علاوه تخمین زده می‌شود که به دلیل اثر گلخانه‌ای (Greenhouse Effect)، تا اواسط این قرن، میانگین دمای هوا بین ۱/۵ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا خواهد کرد. این فرآیند گرمایش جهانی (Global Warming) (به دام انداختن انرژی گرمایی انعکاس یافته از زمین به فضا) با افزایش مقدار دی‌اکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن، CFCs و متان ناشی از فعالیت‌های بشر، تشدید می‌شود. و مهم‌ترین معضل، این است که در نتیجه بهره‌برداری انسان از منابع محیطی، بخش عظیمی از گونه‌های گیاهی، جانوری، قارچی و بسیاری از میکروارگانیسم‌ها از روی زمین محو شده و تنوع زیستی کاهش می‌یابد. تمامی این مشکلات، هشداري جهت توجه ویژه انسان به محیط زیست است.

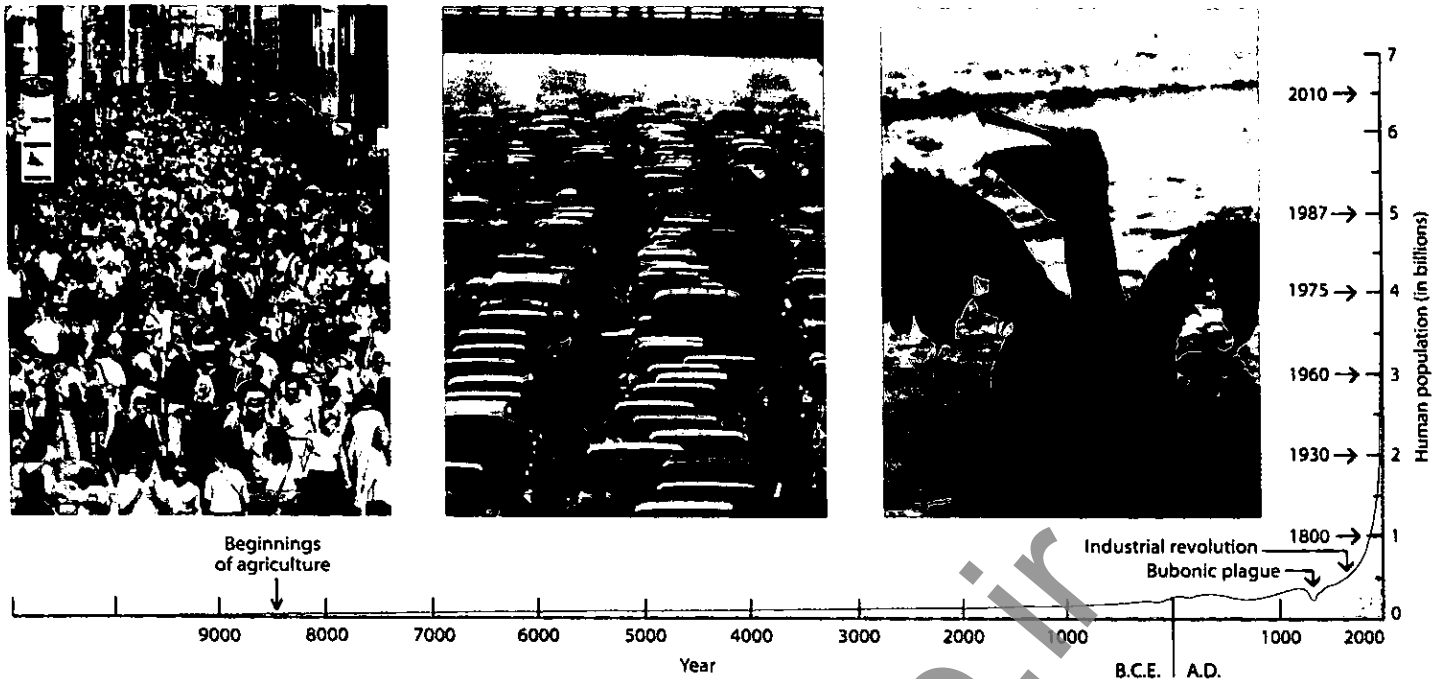
طی سال‌های اخیر، راه‌های شگفت‌انگیزی جهت بهره‌برداری بهتر از گیاهان گسترش پیدا کرده که این پیشرفت‌ها در سرتاسر این کتاب مورد ارزیابی و بحث قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، امروزه این امکان وجود دارد که با استفاده از گیاه‌پالایی (Phytoremediation) محیط‌های آلوده پاک‌سازی شده، رشد گیاهان تحریک شده، آفات توسط گیاهان دفع شده، علف‌های هرز در مزارع کنترل شده و هیبریدهایی با دقت بسیار بالا در مقایسه

(Genomics) علم مطالعه محتوا، سازماندهی و عملکرد اطلاعات ژنتیکی موجود در کل ژنوم بوده؛ زیست‌شناسی مولکولی (Molecular Biology) علم مطالعه ساختار و عملکرد مولکول‌های زیستی است؛ گیاه‌شناسی اقتصادی (Economic Botany) به بررسی استفاده گیاهان توسط انسان در زمان گذشته، حال و آینده پرداخته؛ گیاه‌شناسی سنتی (Ethnobotany) علم مطالعه کاربردهای گیاهان برای اهداف دارویی و سایر اهداف توسط افراد بومی بوده؛ اکولوژی یا بوم‌شناسی (Ecology) علم مطالعه و بررسی روابط بین موجودات زنده و محیط پیرامونی است و دیرینه‌شناسی گیاهی (Paleobotany) نیز به مطالعه زیست‌شناسی و تکامل گیاهان فسیل می‌پردازد.

در این کتاب، به مطالعه تمام موجوداتی پرداخته می‌شود که به طور سنتی توسط گیاه‌شناسان مورد بررسی قرار گرفته‌اند: نه تنها گیاهان، بلکه پروکاریوت‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و آغازیان اتوتروف (جلبک‌ها). یوکاریوت‌های غیرفتوسنتزی و آغازیان به طور سنتی توسط جانورشناسان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. گرچه جلبک‌ها، قارچ‌ها، پروکاریوت‌ها یا ویروس‌ها به عنوان گیاه در نظر گرفته نمی‌شوند و در این کتاب نیز با نام گیاه شناخته نمی‌شوند. به دلیل سنت‌های حاکم و همچنین به دلیل اینکه به طور معمول به عنوان بخشی از گیاه‌شناسی در نظر گرفته می‌شدند (درست مانند گیاه‌شناسی که زمانی بخشی از علم پزشکی به شمار می‌آمد)، در این کتاب مورد بررسی قرار خواهند گرفت. به علاوه، هم پروکاریوت‌ها (به طور مثال، باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن) و هم قارچ‌ها (به عنوان مثال، قارچ‌های میکوریزایی) تشکیل تجمعات همزیستی مسالمت‌آمیز با میزبان‌های گیاهی خود می‌دهند. ویروس‌شناسی، باکتری‌شناسی، جلبک‌شناسی و قارچ‌شناسی گرایش‌هایی مجزا هستند، ولی هنوز تحت رشته گیاه‌شناسی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند.

گیاه‌شناسی، علمی مهم جهت رویارویی با چالش‌های امروز و آینده است

در این فصل، به بررسی آغاز حیات بر روی زمین تا تکامل گیاهان و اکوسیستم‌ها و توسعه کشاورزی و شهرنشینی پرداخته شده است. این موضوعات گسترده، علاوه بر گیاه‌شناسان، نظر بسیاری دیگر از محققین را متوجه خود نموده است. همان گونه که در فصل ۲۱ بحث خواهد شد، در آینده به منظور تأمین نیازهای غذایی جمعیت کره زمین که به سرعت در حال افزایش است، نیاز فوری به اقدامات گیاه‌شناسان و محققین کشاورزی کاملاً احساس خواهد شد (شکل ۱-۱۲). گیاهان امروزی، جلبک‌ها و باکتری‌ها بهترین راه چاره برای تأمین منابع انرژی قابل تجدید مورد نیاز فعالیت‌های بشر به شمار می‌آیند، درست مانند گیاهان



شکل ۱-۱۲ رشد جمعیت بشر. طی ۱۰۰۰۰ سال اخیر، جمعیت بشر از چند میلیون نفر به حدود ۶/۵ میلیارد نفر افزایش پیدا کرده است. یکی از دلایل افزایش جمعیت، کشت گیاهان زراعی بوده، و علت مهم‌تر دیگر، شروع انقلاب صنعتی از اواسط قرن هجدهم است که تاکنون نیز ادامه دارد. رشد سریع جمعیت انسان عواقب فراوان و متنوعی به دنبال دارد. در ایالات متحده و سایر بخش‌های توسعه یافته جهان، این عواقب نه تنها شامل افزایش تعداد مردم، بلکه شامل مصرف گسترده منابع فسیلی غیر قابل تجدید و به دنبال آن، ایجاد آلودگی است، که این آلودگی هم ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی و هم ناشی از اتفاقات احتمالی همچون انفجار مخازن نفت و یا انفجار تانکرهای حامل سوخت‌های فسیلی است. در بخش‌هایی از دنیا که کمتر توسعه پیدا کرده‌اند، عواقب این افزایش جمعیت، شامل سوء تغذیه و همچنین، وقوع قحطی و به دنبال آن، مستعد شدن به انواع بیماری‌های عفونی است. موجودات دیگر نیز، نه تنها متحمل اثرات مستقیم ناشی از آلودگی خواهند بود، بلکه متحمل معضل مهم‌تر دیگری خواهند شد و آن چیزی نیست، مگر از بین رفتن زیستگاه.

گیاهان تراریخت به واسطه توانایی بیان ژن‌های باکتریایی و کشتن

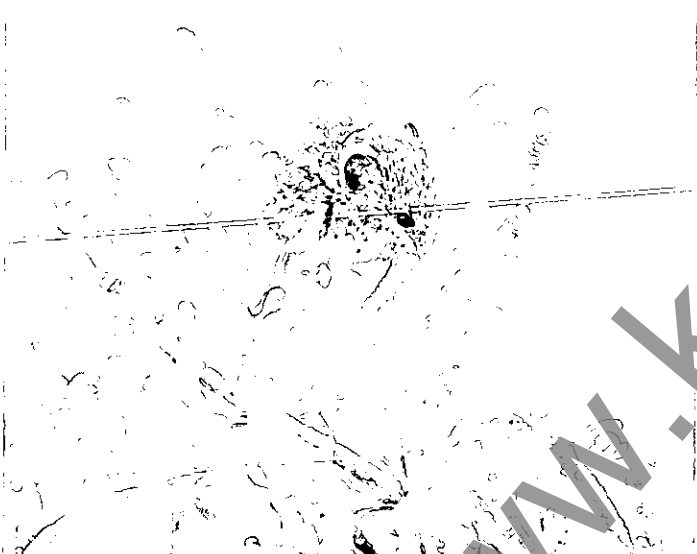
با هیبریدهای قبلی تولید شوند.

حشرات مضره، نیاز به استفاده از حشره‌کش را کاهش می‌دهند. صنعت تولید خربزه درختی در هاوایی با بهره‌گیری از درختان تراریخت نجات پیدا کرد. این درختان تراریخت قابلیت مقاومت در برابر ویروسی را به دست آوردند که منجر به ایجاد زخم‌های حلقوی گرد در سطح گیاه شده و همراه با ایجاد کلروز و نکروز بود (شکل ۱۰-۱۳ ملاحظه گردد). از موارد دیگر می‌توان به سویای تراریخت اشاره نمود که در برابر علف‌کش Roundup مقاوم شد. این علف‌کش، علاوه بر این پس بردن علف‌های هرز پهن‌برگ، منجر به از بین رفتن سویا نیز می‌شد. همچنین اشکال تراریخت مرکبات به جای گلدهی معمول که ۶ تا ۲۰ سال به طول می‌انجامد، در بازه زمانی ۶ ماهه به گل نشسته و بدین ترتیب، باعث کاهش زمان مورد نیاز برای میوه‌دهی مرکبات می‌شوند (شکل ۱-۱۴). تلاش‌هایی به منظور افزایش کارایی فتوسنتز و به دنبال آن، افزایش بازده محصولات زراعی در حال انجام بوده، و همچنین مطالعاتی دیگر به دنبال افزایش "جلای" سطح گیاهان با بهره‌گیری از زادآوری انتخابی با گیاهان دارای برگ‌هایی با میزان واکس بیشتر هستند. افزایش میزان واکس می‌تواند از طریق افزایش انعکاس نور از سطح محصول زراعی منجر به کاهش اتلاف آب توسط گیاه شده و تا حدی باعث خنک شدن هوای تابستان

با افزایش کشفیات جدید و گسترش ابزارهای جدید، سالانه راهکارهای جدیدی جهت بهره‌برداری از گیاهان ابداع می‌شود. همان گونه که در فصل ۱۰ بحث خواهد شد، روش‌های مهندسی ژنتیک (Genetic Engineering) امکان انتقال حیرت‌آور ژن‌های یک ویروس، یک باکتری، یک جانور و یا یک گیاه خاص را به درون ساختار یک گیاه کاملاً متفاوت به منظور اعطای توانایی مطلوب خاص به گیاه مورد نظر، ممکن ساخته است. این گیاهان به اصطلاح تراریخت (Transgenic Plants) که محتوی ژن یک گونه کاملاً متفاوت هستند، خصوصیات جدید و فوق‌العاده و غیرمعمول از خود بروز می‌دهند. به عنوان مثال، با الحاق ژن‌های ذرت و ژن‌های باکتریایی به هسته برنج، می‌توان برنجی مغذی‌تر با محتوای بتا-کاروتن بالاتر تولید نمود (شکل ۱۰-۱۱ ملاحظه گردد). یکی دیگر از موضوعات مورد مطالعه، افزایش محتوای آهن موجود در برنج است. هر دوی این موارد، نشانگر احتمال تقویت سلامتی جمعیت گسترده‌ای از افراد بشر که دارای تغذیه نامناسب هستند با بهره‌گیری از رژیم‌های غذایی وابسته به برنج است. به علاوه، واریته‌هایی مقاوم از ذرت و پنبه به آفات با انتقال ژن از یک نوع باکتری خاکی که به حشرات مختلفی که باعث آسیب‌های جدی به محصولات زراعی می‌شوند، حمله می‌نماید، تولید شده است. این



(a)



(b)



(c)

شکل ۱ ۱۳ گیاه‌بالایی. (a) آفتابگردان‌هایی که در یک دریاچه آلوده به مواد رادیواکتیوی سزیوم و استرانسیوم پس از انفجار نیروگاه اتمی چرنوبیل در اوکراین در سال ۱۹۸۶ که بخشی از اتحاد جماهیر شوروی به شمار می‌آمد، در حال رشد هستند. آفتابگردان که توسط الواری عایق بندی شده و به واسطه پوششی سفید به صورت معلق در روی آب قرار داشت، قادر به حذف ۹۰٪ از الودگی در معرض ۱۰ روز بود. (b) گونه‌های مختلف درختان صنوبر (*Populus spp.*) و سید (*Salix spp.*) که در یک سایت آلوده به مواد سوختی در ایالت واقع در کارولینای شمالی در حال رشد هستند. ریشه‌های عمیق این درختان، مواد آلوده را از طریق ساقه و برگ به بالا کشیده و نیاز به پمپ مکانیکی و پاک‌سازی آب‌های زیرزمینی را کاهش می‌دهند. (c) انباشت‌های طبیعی سلیوم موجود در حفرات آب محتوی آب زائد ناشی از زهکشی زمین‌های زراعی. منجر به ایجاد آب‌هایی راكد می‌شود که برای حیات وحش، بخصوص پرندگان مهاجر، سمی است. به علاوه گیاهانی که در خاک‌های حاوی مقادیر بالای سلیوم رشد می‌کنند که این مقادیر بالا ناشی از تبخیر بالای آب در این خاک‌ها است، دارای خاصیت سمی هستند. *Salicornia bigelovii* که یک گیاه در باتلاق‌های نمکی است، کارایی بالایی در حذف سلیوم داشته و این کارایی به واسطه جذب سلیوم توسط گیاه، آزادسازی آن به اتمسفر و پراکنده شدن به وسیله باد در محیط محقق می‌شود. این گیاه، منبع غذایی ضروری برای موش در معرض انقراضی است که در تصویر ملاحظه می‌شود.

در آمریکای شمالی و اوراسیا گردد.

از بین احتمالات فراوان، امید به آینده شامل تولید پلاستیک‌های زیستی قابل تجزیه، درختان محتوی فیبر بالا جهت تولید کاغذ، گیاهان دارای محتوای روغن بالا و سالم و پروتئین‌های ضد سرطان و واکسن‌های قابل تولید در گیاهان است که به عنوان مثال بتوان واکسن هپاتیت B را از موز تولید نمود. این روش‌ها که اولین بار در سال ۱۹۷۳ به کار گرفته شدند، در حال حاضر میلیاردها دلار سرمایه‌گذاری را به خود اختصاص داده و امید به آینده را افزایش داده‌اند. بی‌شک کشفیات انجام شده به غیرممکن‌ترین رویاهای ما جامه عمل پوشانده و فزاتر از حقایق موجود در دسترس ما پیش خواهند رفت.

به علاوه، نباید از اهمیت بسیار زیاد فضای سبز ایجاد شده توسط گیاهان در زندگی پیچیده امروزی غافل شد. در شهرها،

مناطق که قبلاً کاربری صنعتی داشتند، به طرز ماهرانه‌ای در حال تبدیل به پارک‌های مختلفی هستند. یک ترن هوایی متروکه در نیویورک که تخریب شده بود، امروزه تبدیل به یک مکان تفریحی به نام High Line شده است (شکل ۱-۱۵a). محلی که چندین دهه به صورت متروکه باقی مانده بود، هم اکنون به پارکی با وسعتی در حدود یک مایل تبدیل شده است که با گل‌های وحشی، گیاهان گرامینه، درختچه‌ها و درختان تزئین شده است. مسیری پر پیچ و خم که از الگوی مسیر اصلی ترن هوایی استفاده نموده و دارای منظره زیبا از رودخانه Hudson و زندگی شهری در زیر پای خود است و سالانه میلیون‌ها نفر را به این منطقه می‌کشاند. یک مثال دیگر در ارتباط با تغییر کاربری یک سایت صنعتی، مربوط به فرودگاه هوایی ارتش در پارک Magnuson واقع در سیاتل واشینگتن است (شکل ۱-۱۵b). آسفالت این

شد که با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شود، لازم است که اهمیت این موضوعات بزرگ را به ذهن خود بسپاریم. وجود اطلاعاتی پایه‌ای از زیست‌شناسی گیاهی نه تنها از نظر شناخت گیاهان اهمیت دارد، بلکه فواید متعدد دیگری نیز به همراه دارد. همچنین زیست‌شناسی گیاهی ارتباط در حال افزایشی با برخی از مهم‌ترین چالش‌های اجتماعی داشته و همچنین در تصمیم‌گیری‌های مشکلی که ما را در معرض انتخاب راه حل‌های مختلف جهت رفع این مشکلات قرار می‌دهند، می‌تواند به ما کمک کند. در این ارتباط نقل قولی از سرمقاله ۱۹ نوامبر ۲۰۱۰ مجله Science می‌تواند گویای اهمیت موضوع باشد: "گیاهان برای بقای اکولوژی، تنوع زیستی و اقلیم سیاره ما ضروری هستند". آینده ما، آینده جهان و آینده تمام گیاهان (به صورت گونه‌های منفرد و همچنین به عنوان اجزای سازنده سیستم‌های حمایت کننده حیات که تمام موجودات زنده با استفاده از آنها تکامل پیدا کرده‌اند) بستگی به دانش و توانایی ما در راستای ارزیابی درست اطلاعات موجود دارد. بنابراین این کتاب نه تنها به گیاه‌شناسان آینده، اعم از معلم یا محقق، بلکه به تمامی شهروندان آگاه، محققین و افراد غیر متخصصی تقدیم می‌شود که دارای پست‌های مدیریتی هستند.

چکیده

فرآیند فرآیندی است که به واسطه آن، نور خورشید جهت تولید مولکول‌های آلی به دام می‌افتد. تنها انواع محدودی از موجودات زنده، شامل گیاهان، جلبک‌ها و برخی باکتری‌ها، توانایی تولید مولکول‌های آلی را به واسطه به دام

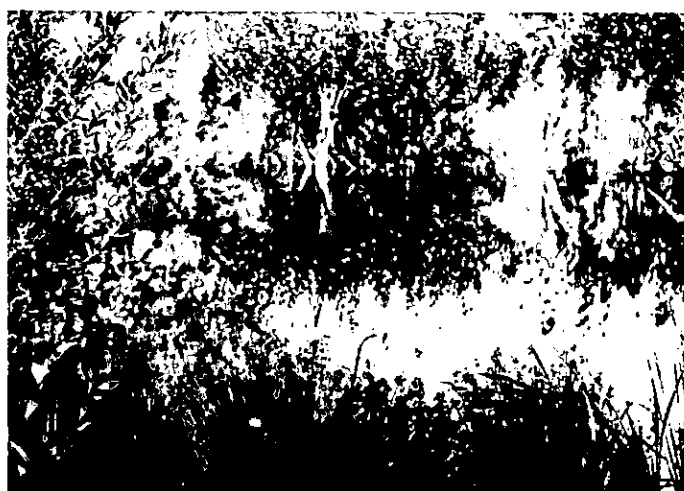


شکل ۱-۱۴ گیاهان تراریخت. دانه‌رست‌های مرکبات به واسطه الحاق زن‌های گلدهی موجود در گیاه *Arabidopsis* تراریخت شدند. این گیاه گیاه کوچکی از خانواده چلیپاییان است که به طور گسترده در مطالعات ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دانه‌رست‌های شش ماهه در سمت راست تصویر گل‌های خود را تولید نموده‌اند، در حالی که گیاه شاهد در سمت چپ تصویر هنوز به گل نرفته و سال‌ها طول خواهد کشید تا به گل نشست و میوه تولید نماید.

منطقه حذف شد و تبدیل به مرداب‌هایی زیبا شد و با ایجاد تالاب‌ها و بیشه‌زارهایی جدید و پوشیده از گیاهان بومی، طیف متنوعی از حیات وحش جذب این منطقه شد. سالانه افراد متعددی جهت تجربه محیطی آرام به این منطقه آمده و با اهمیت بالای تالاب‌ها و مرداب‌ها نیز آشنا می‌شوند. از آنجایی که در فصول ۲ و ۳، توجه ما به سلولی معطوف خواهد



(a)



(b)

شکل ۱-۱۵ ساخت فضای سبز در سایت‌های صنعتی متروکه. (a) منطقه High Line در نیویورک در روی یک مسیر ترن هوایی متروکه ساخته شده که در مجاورت آن، رستوران‌ها، گالری‌ها و فروشگاه‌های متعددی وجود دارند. بقایای مسیر ترن را می‌توان در لایه‌ای درختچه‌ها، گیاهان علفی چندساله، گیاهان گرامینه و درختان کاشته شده مشاهده نمود. (b) تالاب‌هایی که اخیراً در محل سابق فرودگاه نظامی در پارک Magnuson سیاتل واشینگتن احداث شده است. در این محل، زیستگاهی غنی برای گیاهان بومی و گونه‌های حیات وحش متعددی شامل سنجاقک، قورباغه، اردک، جغد، لاک‌پشت، پرندگان ساحلی و چکاوک ایجاد شده است.

ایجاد نموده است. این سیستم شامل بافت آوند چوبی است که آب و مواد معدنی را از ریشه به سمت ساقه‌ها و برگ‌ها هدایت نموده و همچنین شامل بافت آبکش است که فرآورده‌های حاصل از فتوسنتز را به تمام بخش‌های گیاه ترابری می‌کند. رشد طولی گیاهان به واسطه رشد اولیه و رشد قطری آنها نیز توسط رشد ثانویه و از طریق فعالیت مرستم‌ها به انجام می‌رسد، مناطقی که محتوی بافت‌های جنینی هستند و قادر به افزودن بی‌نهایت سلول‌ها به پیکره گیاه است.

اکوسیستم‌ها و اختلالاتی نسبتاً پایدار و یکپارچه و ایسته به موجودات فتوسنتزکننده هستند

گیاهان با تکامل خود، بیوم‌ها را پدید آورده‌اند، که به صورت تجمعات عظیم گیاهی و جانوری در خشکی هستند. سیستم‌های متشکل از بیوم‌ها و محیط‌های پیرامونی غیرزنده در حال برهم‌کنش با همدیگر، موسوم به اکوسیستم‌ها هستند. انسان که در حدود ۲ میلیون سال پیش ظهور پیدا کرد، در حدود ۱۰۵۰۰ سال پیش شروع به توسعه کشاورزی نموده و بدین ترتیب عاملی جهت افزایش عظیم جمعیت خود پدید آورد. متعاقباً انسان تبدیل به نیروی اکولوژیکی غالب در روی کره زمین شد. انسان از علم گیاهی خود جهت تأمین توسعه خود استفاده نموده و در آینده و به موازات افزایش اهمیت این موضوع به این رویه ادامه خواهد داد.

مهندسی ژنتیک امکان انتقال ژن‌ها بین گونه‌های کاملاً متفاوت را فراهم می‌آورد

با ظهور مهندسی ژنتیک، امکان انتقال ژن‌ها از گونه‌ای به گونه کاملاً متفاوت، فراهم شد. در حال حاضر، مهندسی ژنتیک منجر به توسعه گیاهان تراریخت دارای ویژگی‌های مطلوبی همچون ارزش غذایی بالا و مقاومت نسبت به بیماری‌ها یا آفات خاص شده است.

پرسش‌ها

- ۱- منبع احتمالی مواد خام موجود در پیکره اشکال اولیه حیات چه بوده است؟
- ۲- چه معیارهایی جهت تعریف یک موجود به عنوان یک شکل حیاتی وجود دارد؟
- ۳- اکسیژن چه نقشی در تکامل حیات در روی کره زمین داشته است؟
- ۴- گیاهان خشکی چه مزایایی در مقایسه با اجداد آبی خود دارند؟ آیا می‌توانید معایب یک گیاه خشکی‌زی را نام ببرید؟
- ۵- گیاهان غیر از منبع غذایی، فواید بسیار زیاد دیگری نیز در زندگی ما دارند. چند مورد از این فواید را می‌توانید نام ببرید؟ آیا تاکنون از گیاه سبزی تشکر کرده‌اید؟
- ۶- علم گیاه‌شناسی شامل مطالعه گیاهان، قارچ‌ها، جلبک‌ها و باکتری‌ها، اهمیتی کلیدی در درک نحوه عملکرد زمین دارد. این علم چه اهمیتی در رویارویی با مشکلات کنونی و آینده دارد؟

انداختن انرژی نورانی خورشید دارا هستند. تقریباً تمام اشکال حیات موجود در روی کره زمین، به طور مستقیم یا غیرمستقیم به فرآورده‌های حاصل از این فرآیند وابسته‌اند.

بلوک‌های شیمیایی سازنده حیات در اقیانوس‌های اولیه انباشته شدند

تخمین زمین‌عمری در حدود ۴/۶ میلیارد سال دارد. قدیمی‌ترین فسیل‌های شناخته شده که مشابه باکتری‌های رشته‌ای امروزی هستند، قدمتی به اندازه ۳/۵ میلیارد سال داشته‌اند. گرچه فرآیند ایجاد موجودات زنده هنوز به صورت فرضیه مطرح است، ولی اجماع نظر عمومی وجود دارد که حیات احتمالاً تنها یک بار پدیدار شده است، به بیانی دیگر تمام موجودات زنده دارای یک جد مشترک هستند.

موجودات هتروتروف قبل از اتوتروف، موجودات پروکاریوت قبل از یوکاریوت و موجودات تک‌سلولی قبل از اشکال چندسلولی پدیدار شده‌اند

موجودات هتروتروف که از مولکول‌های آلی یا سایر موجودات زنده تغذیه می‌کنند، اولین اشکال پدیدار شده بر روی کره زمین هستند. موجودات اتوتروف که قادر به تولید مواد غذایی مورد نیاز خود از طریق فتوسنتز هستند، در کمتر از ۳/۴ میلیارد سال پیش ظهور پیدا کردند. تا حدود ۲/۱ میلیارد سال پیش، آرکی‌ها و باکتری‌ها تنها اشکال زنده موجود در روی زمین بوده‌اند. در این زمان، موجودات یوکاریوتی دارای سلول‌های بزرگ‌تر و دارای سازماندهی به مراتب پیچیده‌تر، پدیدار شدند. موجودات یوکاریوتی چندسلولی، حداقل ۶۵۰ میلیون سال پیش تکامل خود را آغاز نموده و در حدود ۴۵۰ میلیون سال پیش، مهاجرت به خشکی را شروع کردند.

با ظهور فتوسنتز آزاد کننده اکسیژن، که طی آن، مولکول‌های آب تجزیه شده و اکسیژن آزاد می‌شود، اکسیژن شروع به انباشته شدن در اتمسفر نمود. در حضور اکسیژن آزاد، موجودات زنده توانستند طی تنفس هوازی، محصولات فتوسنتزی غنی از انرژی را تجزیه نمایند.

ایجاد کلونی در خشکی، همراه با تکامل ساختارهایی جهت کسب آب و کمینه‌سازی اتلاف آب بوده است

گیاهان که اصولاً به حیات بر روی خشکی سازگاری حاصل کرده‌اند، مجهز به یک سری ویژگی‌هایی اختصاصی جهت حیات در این شرایط شده‌اند. این ویژگی‌ها به بهترین نحو در بین اعضای گروهی موسوم به گیاهان آوندی تکامل پیدا کرده است. از بین این ویژگی‌ها، می‌توان به وجود یک کوتیکول واکسی اشاره کرد که منافذی اختصاصی موسوم به روزنه‌ها در درون آنها نفوذ و منجر به تبادلات گازی شده و همچنین سیستم تهویه مناسبی برای گیاهان